



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

Evaluación de las radiaciones no ionizantes y sus posibles efectos para la salud de los sistemas Wi-Fi en diez facultades de la UNMSM y en las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera de Telecomunicaciones

AUTOR

Almendra Shané VÁSQUEZ CAINICELA

ASESOR

Dr. Víctor Manuel CRUZ ORNETTA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

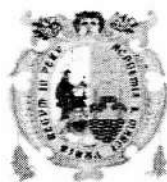
Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Vásquez, A. (2019). *Evaluación de las radiaciones no ionizantes y sus posibles efectos para la salud de los sistemas Wi-Fi en diez facultades de la UNMSM y en las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica*. Tesis para optar el título de Ingeniera de Telecomunicaciones. Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de metadatos complementarios

- **Código ORCID del autor:** no aplica
- **Código ORCID del asesor:** 0000-0002-4353-7751
- **DNI o pasaporte del autor:** 08852493
- **Grupo de investigación:** Radiaciones no ionizantes UNMSM
- **Institución que financia la investigación:**
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- **Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:**
Calle Germán Amézaga N° 375, Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Coordenadas latitud: 12°3'18.2'', longitud 77°5'13
- **Año o rango de años que la investigación abarcó:** 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 001-VDAC-UMRAGT-FIEE/2019

**TESIS N° 001-FIEE/2019 PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERA DE TELECOMUNICACIONES**

Los suscritos Miembros de Jurado, nombrados por la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones de acuerdo a la Resolución Rectoral N° 03823-R-17, reunidos en la fecha bajo la Presidencia del Dr. Guillermo Tejada Muñoz e integrado por los Ingenieros: Dr. Santiago Fidel Rojas Tuya, Mg. Jesús Otto Villanueva Napuri y el Dr. Víctor Manuel Cruz Ornetta (Miembro - Asesor)

Después de escuchar la Sustentación de Tesis de la Bachiller **VÁSQUEZ CAINICELA, Almendra Shané (12190262)**, para optar el Título Profesional de Ingeniera de Telecomunicaciones por la modalidad de Titulación Ordinaria, quien expuso su **TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES Y SUS POSIBLES EFECTOS PARA LA SALUD DE LOS SISTEMAS WI-FI EN DIEZ FACULTADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Y EN LAS COMPUTADORAS PORTÁTILES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA"**.

Se acordó..... APROBARpor..... UNANIMIDAD

Con la Nota de..... Diecisiete(17)

Ciudad Universitaria, 20 de marzo del 2019

G. Tejada M.

Dr. Guillermo Tejada Muñoz
Presidente de Jurado

Rojas Tuya

Dr. Santiago Fidel Rojas Tuya
Miembro de Jurado

Jesús Otto Villanueva Napuri

Mg. Jesús Otto Villanueva Napuri
Miembro de Jurado

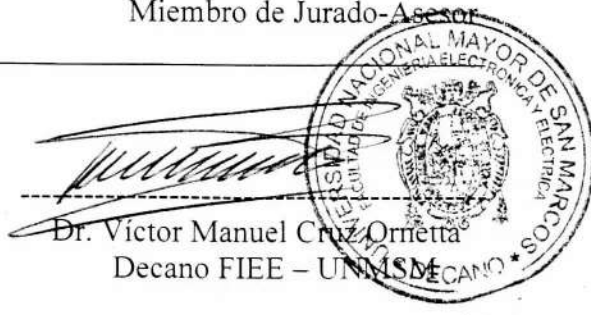
Víctor Manuel Cruz Ornetta

Dr. Víctor Manuel Cruz Ornetta
Miembro de Jurado-Asesor



Jesús Otto Villanueva Napuri

Mg. Jesús Otto Villanueva Napuri
Director de la EPIT



Dr. Víctor Manuel Cruz Ornetta
Decano FIEE - UNMSM

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Yenny y Martín, quienes me ayudaron a forjar mi camino con sus enseñanzas y valores aleccionados, para ser una profesional con principios. Porque nunca cavilaron en depositar su confianza en mí y siempre estuvieron apoyándome en toda decisión.

A mis abuelitos Lidia, Isaac, Nemesia y Alipio por haber cumplido el rol de padres en su momento, siendo instructores en mi camino y enseñarme que el esfuerzo y la voluntad es lo primordial para lograr mis sueños.

A mis hermanos Milagros, Lucero, Cristian y Smith, por la motivación y palabras de aliento que me hicieron llegar a lo largo de este tiempo para cumplir con esta meta.

Y a mis tíos Miriam, Fredy y Jorge, quienes también velaron por mi educación, alimentación y bienestar en mi infancia y ahora que me brindan sus consejos y apoyo.

Agradecimientos

Un sincero agradecimiento a mi alma mater y segunda casa, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a mis docentes por sentar las bases de la profesión en mí para llegar a ser un profesional capaz y digna representante de nuestra casa de estudios.

Sobre todo, agradezco al Dr. Víctor Manuel Cruz Ornetta, por su constante asesoría en el enfoque y desarrollo de la presente tesis.

Un especial agradecimiento a Bladimir, quien ha sido un apoyo constante durante el proceso de la presente tesis.

También agradezco a Cristopher, Vanessa, David y Harold, por su colaboración en las mediciones de campo.

Resumen

El objetivo de la presente tesis fue investigar el nivel de radiaciones no ionizantes y sus posibles efectos para la salud producidas por los sistemas Wi-Fi instalados en diez facultades de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y en las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.

En primer lugar, se revisó la literatura internacional sobre los niveles de campos electromagnéticos y los posibles efectos de la exposición a los sistemas Wi-Fi y las computadoras portátiles. Después, se elaboró un protocolo de medición basado en la recopilación de los principales procedimientos que recomiendan estudios y normas internacionales con adecuación a la realidad peruana.

Para la ejecución de las mediciones, se eligió 5 access point por cada Facultad, en total se evaluaron 51 access point incluyendo el ambiente del aula de Universia de la Biblioteca Central, por ser un caso especial.

Para las mediciones de campos electromagnéticos, se usó el equipo medidor selectivo NARDA SRM-3006, que cuenta con certificación en vigencia, también se fabricó un módulo acrílico posicionador angular para la evaluación de los ordenadores portátiles.

El protocolo de medición para los access point difiere en las facultades ya que se realizó la evaluación para ambientes interiores y exteriores; se midió cada 2, 10 y 20m en ambientes exteriores y mediante cuadrículas con un área de 16m^2 se definió los puntos de medición para ambientes interiores. Y para los dispositivos portátiles se llevó a cabo las mediciones en el ambiente del grupo de investigación “Radiaciones no Ionizantes UNMSM” en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, donde se usó el módulo posicionador angular para variar los ángulos de azimut y elevación, de esa manera evaluar la intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia alrededor del ordenador portátil.

Los valores obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa SPSS versión 24, se halló: la media, desviación estándar, la correlación de Spearman y los valores mínimos y máximos promedios.

Para las mediciones en promediación temporal en las facultades, se obtuvo valores máximos promedios de intensidad de campo eléctrico y cociente de exposición poblacional en ambiente interiores de 34.67mV/m a 1.099V/m y de 0.00004% a 0.039%, respectivamente. Y para ambientes exteriores se tiene valores entre 35mV/m a 788.4mV/m y 0.00004% a 0.017%, respectivamente. También, se considera las mediciones de los casos especiales donde se obtuvo un valor máximo promedio de 2.360V/m y 0.114%. Y para las mediciones en promediación espacial en las 10 facultades de la UNMSM se obtuvo valores máximos promedios de intensidad de campo eléctrico y cociente de exposición poblacional entre 41.02mV/m a 1.819V/m y 0.00006 % a 0.084%, respectivamente.

Para las computadoras portátiles, se obtuvo valores máximos promedios con una intensidad de campo eléctrico que varía entre 3.51V/m a 7.639V/m y una densidad de potencia entre 32.67mW/m² a 154.8 mW/m², cuando los dispositivos se encontraban entre los ángulos de elevación y azimut (0°, 150°), (-90°, 0°), (0°; 180°), (0°, 210°) y (-90°, 0°), respectivamente.

Los resultados demuestran que los niveles de radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi en las 10 facultades de la UNMSM y las computadoras portátiles no superan los límites máximos permisibles, según la norma ICNIRP 98, por lo que no puede causar algún efecto a la salud de las personas.

Palabras claves: Radiaciones no ionizantes, access point, computadoras portátiles, efectos en la salud.

Abstract

The objective of this thesis was to investigate the level of non-ionizing radiation and its possible health effects produced by Wi-Fi systems installed in ten faculties of the National University of San Marcos and laptops of the Faculty of Engineering Electronics and Electrical

First, we reviewed the international literature on the levels of electromagnetic fields and the possible effects of exposure to Wi-Fi systems and laptops. Afterwards, a measurement protocol was elaborated based on the compilation of the main procedures that recommend studies and international standards with adaptation to the Peruvian reality.

For the execution of the measurements, 5 access points were chosen by each Faculty, in total 51 access points were evaluated, including the environment of the Universia classroom of the Central Library, as it is a special case.

For the measurements of electromagnetic fields, NARDA selective measuring equipment SRM-3006 was used, which is certified in force, an angular positioner acrylic module was also manufactured for the evaluation of laptops.

The measurement protocol for the access points differs in the faculties since the evaluation was divided for interior and exterior environments; it was measured every 2m, 10m and 20m in outdoor environments and by means of grids with an area of 16m² the measurement points for indoor environments were defined. And for the portable devices, the measurements were carried out in the environment of the research group "Non-ionizing radiation UNMSM" in the Faculty of Electrical and Electronic Engineering, where the angular positioner module was used to vary the angles of azimuth and elevation, that way assess the electric field strength and power density around the laptop.

The values obtained were statistically analyzed with the SPSS program, version 24, and found: the mean, standard deviation, the Spearman correlation and the minimum and maximum values.

For the measurements in time averaging in the faculties, we obtained maximum values of electric field intensity and population exposure quotient in the indoor environment from 34.67mV/m to 1.099V/m and from 0.00004% to 0.039%, respectively. And for outdoor environments there are values between 35mV/m to 788.4mV/m and 0.00004% to 0.017%, respectively. If we consider the measurements of the special cases where an average maximum value of 2.360V/m and 0.114% was obtained. And for the measurements in spatial averaging in the 10 faculties of the UNMSM, maximum values of electric field intensity and population exposure quotient were obtained between 41.02mV/m at 1.819V/m and 0.00006% at 0.084%, respectively.

For laptops, average maximum values were obtained with an electric field strength ranging from 3.51V/m to 7.639V/m and a power density between 32.67mW/m² to 154.8mW/m², when the devices were between elevation and azimuth angles (0°, 150°), (-90°, 0°), (0°;180°), (0°, 210°) y (-90°, 0°), respectively.

The results show that the levels of non-ionizing radiation of the Wi-Fi systems in the 10 faculties of the UNMSM and the laptops do not exceed the maximum permissible limits, according to the ICNIRP 98 standard, so it can not have any effect on the health of people.

Keywords: Non-ionizing radiation, access point, portable computers, effects on health.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1.....	1
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	1
Formulación del Problema	3
Problema General	3
Problema Específico	3
Justificación	4
Justificación Teórica	4
Justificación Práctica	4
Objetivos	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos	5
Matriz de Consistencia.....	6
Capítulo 2.....	7
Marco Teórico.....	7
Antecedentes	7
Base Teórica.....	12
Conceptos teóricos sobre radiación electromagnética	12
Espectro electromagnético	14
Regiones de Campo electromagnético	15
Región de Campo Cercano	15
Región de campo cercano reactivo	15
Región de campo cercano reactivo-radiante	15

Región de Campo Lejano	15
Tipos de radiaciones de campos electromagnéticos	17
Radiación Ionizante	17
Radiación No Ionizante	18
Tasa de exposición o Cociente de exposición.....	18
Regulación	19
Recomendaciones ICNIRP 98	19
Exposición Ocupacional	20
Exposición Poblacional.....	20
Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).....	21
Decreto Supremo N° 038-2003-MTC.....	21
Estándar de Calidad Ambiental (ECA).....	21
Decreto Supremo N° 010-2005-PCM.....	21
Resolución Ministerial N° 613-2004 MTC/03	22
Wireless Local Area Network (WLAN)	22
Componentes de una red WLAN	23
Estaciones o terminales de usuario (clientes)	23
Puntos de Acceso (Access Point o APs)	23
Medio de transmisión.....	23
Arquitectura	24
Conjunto de servicios básicos (BSS)	24
Conjunto de servicios ampliado (ESS)	26
Banda de 2.4GHz	26
Interferencia de Canal Común	27
Evolución del estándar IEEE 802.11	28

Exposición a campos electromagnéticos de los sistemas Wi-Fi	29
Mecanismo de acoplamiento entre los campos electromagnéticos del sistema Wi-Fi y el cuerpo humano.....	30
Capítulo 3.....	33
Metodología	33
Protocolo de medición para los sistemas Wi-Fi.....	33
Prospección técnica en las diez facultades donde se realizarán las mediciones	33
Determinación de la región de campo electromagnético	34
Definición de los puntos de medición.....	36
Selección del instrumento de medición	38
Características de rendimiento eléctrico	38
Características físicas deseables	40
Método de medición	42
Procedimiento	43
Evaluación de las RNI con promediación espacial.....	44
Análisis de datos	45
Protocolo de medición para computadoras portátiles	45
Construcción del sistema de posicionamiento manual	45
Prospección técnica del entorno físico donde se realizarán las mediciones	47
Prospección técnica de las computadoras portátiles y el access point.....	48
Selección del instrumento de medición	48
Procedimiento	49
Análisis de datos	50
Capítulo 4.....	51
Resultados y análisis	51

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica	53
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Odontología	57
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Ciencias Administrativas	61
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica	65
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Ingeniería Industrial	69
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Ciencias Biológicas	73
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Psicología	77
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Letras y Ciencias Humanas	81
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática	85
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la	
Facultad de Educación	89
Casos Especiales considerados la medición de radiaciones no ionizantes	93
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes del Access Point del Aula de	
Universia ubicado en la Biblioteca Central de la UNMSM	93
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes del Access Point de la	
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental	97

Análisis estadístico de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en las diez facultades de la UNMSM	98
Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.....	99
Análisis estadístico de la Facultad de Odontología	99
Análisis estadístico de la Facultad de Ciencias Administrativas	100
Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.....	101
Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería Industrial.....	102
Análisis estadístico de la Facultad de Ciencias Biológicas	102
Análisis estadístico de la Facultad de Psicología.....	103
Análisis estadístico de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas	104
Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.....	105
Análisis estadístico de la Facultad de Educación	106
Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para las diez Facultades evaluados en ambientes exteriores.....	106
Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para las diez Facultades evaluados en ambientes interiores	107
Análisis estadístico valores mínimos y máximos para las diez Facultades evaluados en ambientes interiores y exteriores en promediación temporal	108
Análisis estadístico valores mínimos y máximos para las diez Facultades evaluados en ambientes interiores y exteriores en promediación espacial.....	110
Comparación de la banda de Wi-Fi (2.4GHz) con respecto a las bandas de los servicios más importantes de telecomunicaciones	111
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica	112

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Odontología	113
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ciencias Administrativas	114
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica	115
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Industrial	116
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Ciencias Biológicas	117
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Psicología	118
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ciencias humanas y Letras	119
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática	120
Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Educación	121
Comparación de las bandas de frecuencia para el Aula Universia de la Biblioteca Central	122
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.....	123
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil ASUS- X556U	124
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil ADVANCE- AN-9471	126
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil HP- 14-ac187la	127

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil	
TOSHIBA- Satellite CSS-CS212K	128
Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil	
HP- Pavilion g4-1388la	129
Análisis de los resultados de la medición de radiación no ionizante de las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica	130
Incertidumbre de medición	131
Posibles efectos para la salud debido a la exposición de los campos electromagnéticos del sistema Wi-Fi	132
Estudios Biológicos	134
Discusión de resultados.....	137
Para la medición de los access point.....	137
Para la medición de las computadoras portátiles	139
Capítulo 5.....	140
Conclusiones	140
Recomendaciones	143
Referencias bibliográficas.....	144
Apéndice A: Procedimiento de las mediciones	153
Apéndice B: Norma Internacional ICNIRP 98	275
Apéndice C: Decreto Supremo N°038-2003-MTC	309
Apéndice D: Decreto Supremo N°010-2005-PCM	316
Apéndice E: Resolución Ministerial N°613-2004 MTC/03	318
Apéndice F: Hoja de especificaciones técnicas SRM-3006	326
Apéndice G: Tabla de Servicios del Ministerio de Transporte y Comunicaciones	346
Apéndice H: Características técnicas de los access point en las diez facultades.....	350

Apéndice I: Certificado de calibración de la Unidad Básica-Equipo SRM-3006	351
.....	355
Apéndice J: Certificado de calibración de la Antena 27MHz-3GHz Equipo SRM-3006 ...	356
Apéndice K: Costo de la fabricación del módulo acrílico	363

Lista de tablas

Tabla 1 Matriz de consistencia	6
Tabla 2 Características principales de los estándares de la familia IEEE 802.11.....	28
Tabla 3 Parámetros máximos a tener en cuenta para la instalación de equipos.	30
Tabla 4 Características principales del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006	42
Tabla 5 Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica	53
Tabla 6 Medición en promediación temporal del 12 al 16 de febrero de 2018 en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica	54
Tabla 7 Medición en promediación espacial del 12 al 16 de febrero de 2018 en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.....	55
Tabla 8 Características principales de los Access Point de la Facultad de Odontología.....	57
Tabla 9 Medición en promediación temporal del 22 de febrero al 01 de marzo de 2018 en la Facultad de Odontología.....	58
Tabla 10 Medición en promediación espacial del 22 de febrero al 01 de marzo de 2018 en la Facultad de Odontología.....	59
Tabla 11 Características principales de los Access Point de la Facultad de Ciencias Administrativas	61
Tabla 12 Medición en promediación temporal del 02 al 07 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Administrativas	62
Tabla 13 Medición en promediación espacial del 02 al 07 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Administrativas	63

Tabla 14 Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica	65
Tabla 15 Medición en promediación temporal del 09 al 19 de marzo de 2018 en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica	66
Tabla 16 Medición en promediación espacial del 09 al 19 de marzo de 2018 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica	67
Tabla 17 Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería Industrial	69
Tabla 18 Medición en promediación temporal del 19 al 21 de marzo de 2018 en la Facultad de Ingeniería Industrial	70
Tabla 19 Medición en promediación espacial del 19 al 21 de marzo de 2018 en la Facultad de Ingeniería Industrial	71
Tabla 20 Características principales de los Access Point de la Facultad de Ciencias Biológicas	73
Tabla 21 Medición en promediación temporal del 22 al 28 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Biológicas	74
Tabla 22 Medición en promediación temporal del 22 al 28 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Biológicas	75
Tabla 23 Características principales de los Access Point de la Facultad de Psicología	77
Tabla 24 Medición en promediación temporal del 03 al 10 de abril de 2018 en la Facultad de Psicología	78
Tabla 25 Medición en promediación espacial del 03 al 10 de abril de 2018 en la Facultad de Psicología	79
Tabla 26 Características principales de los Access Point de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas	81

Tabla 27 Medición en promediación temporal del 10 al 12 de abril de 2018 en la Facultad de Letras y Ciencias Humanas.....	82
Tabla 28 Medición en promediación espacial del 10 al 12 de abril de 2018 Facultad de Letras y Ciencias Humanas.....	83
Tabla 29 Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.....	85
Tabla 30 Medición en promediación temporal del 16 al 18 de abril de 2018 en la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.....	86
Tabla 31 Medición en promediación espacial del 16 al 18 de Abril de 2018 Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.....	87
Tabla 32 Características principales de los Access Point de la Facultad de Educación	89
Tabla 33 Medición en promediación temporal del 02 al 04 de mayo de 2018 en la Facultad de Educación.....	90
Tabla 34 Medición en promediación temporal del 02 al 04 de mayo de 2018 en la Facultad de Educación.....	91
Tabla 35 Características principales del Access Point del Aula Universia de la biblioteca central.....	93
Tabla 36 Medición en promediación temporal en el Aula Universia del 20 al 26 de abril de 2018.....	93
Tabla 37 Medición en promediación espacial en el Aula Universia del 20 al 26 de abril de 2018.....	95
Tabla 38 Medición en promediación temporal en la oficina de la E.P. Ingeniería Ambiental el 15 de Marzo de 2018.....	97
Tabla 39 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica	99

Tabla 40 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Odontología.....	100
Tabla 41 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ciencias Administrativas	100
Tabla 42 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica	101
Tabla 43 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería Industrial	102
Tabla 44 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ciencias Biológicas	103
Tabla 45 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Psicología	104
Tabla 46 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas.....	104
Tabla 47 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática	105
Tabla 48 Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Educación	106
Tabla 49 Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para ambientes exteriores para las diez facultades de la UNMSM.....	107
Tabla 50 Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para ambientes interiores para las diez facultades de la UNMSM	108
Tabla 51 Análisis estadístico de los valores mínimos y máximos de las diez facultades en promediación temporal	108

Tabla 52 Análisis estadístico de los valores mínimos y máximos de las diez facultades en promediación espacial.....	110
Tabla 53 Características de las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica	124
Tabla 54 Medición en promediación temporal de la computadora portátil ASUS- X556U..	125
Tabla 55 Medición en promediación temporal de la computadora portátil ADVANCE- AN-9471.....	126
Tabla 56 Medición en promediación temporal de la computadora portátil HP- 14-ac1871a.	127
Tabla 57 Medición en promediación temporal de la computadora portátil TOSHIBA- Satellite CSS-CS212K	128
Tabla 58 Medición en promediación temporal de la computadora portátil HP- Pavilion g4-1388la.....	129
Tabla 59 Posiciones angulares con el nivel máximo de radiación no ionizantes	131
Tabla 60 Medida de incertidumbre expandida para este estudio	132
Tabla 61 Tabla de servicios con sus respectivas frecuencias	346
Tabla 62 Características técnicas de los access point en las diez facultades	350
Tabla 63 Costo de la fabricación del módulo acrílico	363

Lista de figuras

Figura 1. Forma de onda de un campo electromagnético.	12
Figura 2. El espectro electromagnético.....	14
Figura 3. Regiones del campo electromagnético	17

Figura 4. Componentes de una red WLAN.	24
Figura 5. Red Ad Hoc.	25
Figura 6. Red infraestructura.	25
Figura 7. Componentes de una red WLAN.	26
Figura 8. Asignación de canales IEEE 802.11 de la banda 2.4Ghz.	27
Figura 9. Distribución de los campos electromagnéticos para la medición de los access point.	36
Figura 10. Estructura del módulo de posicionamiento manual.....	47
Figura 11. Medición del access point UNMSM del tercer piso afuera del aula 306.	56
Figura 12. Medición del access point UNMSM de la sala de estudio.	56
Figura 13. Medición del access point Wifi-Odontología del primer piso afuera del aula 1.	60
Figura 14. Medición del access point UNMSM del interior de la biblioteca.	60
Figura 15. Medición del access point fcawlan 1b del primer piso afuera de la Unidad de Posgrado.....	64
Figura 16. Medición del access point Wifi-Odontología del Primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado.	64
Figura 17. Medición del access point EAPMETALURGIA de la escalera del tercer piso de la E. P. de Ingeniería Metalúrgica.....	68
Figura 18. Medición del access point FIGMMG del Aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica.....	68
Figura 19. Medición del access point .:INDUSTRIAL:. del tercer piso afuera del aula N° 304.	72
Figura 20. Medición del access point BILIOTECA_FII del interior de la sala de lectura.	72
Figura 21. Medición del access point UNMSM del primer piso afuera de la recepción del pabellón de docencia.....	76

Figura 22. Medición del access point FCBIOLOGICAS01 del interior de la sala de cómputo.	76
Figura 23. Medición del access point WIFI-PSICO en el pasadizo del primer piso.	80
Figura 24. Medición del access point WIFI-PSICO en el interior del aula 1A.	80
Figura 25. Medición del access point Fac-letras en el segundo piso afuera de la Oficina ACACIA.	84
Figura 26. Medición del access point Fac-letras en el interior de la sala de diseño.	84
Figura 27. Medición del access point UNMSM en el tercer piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas.	88
Figura 28. Medición del access point UNMSM en el tercer piso en el interior de la videoteca.	88
Figura 29. Medición del access point Wifi_Educacion en el primer piso al frente de la fotocopiadora.	92
Figura 30. Medición del access point Wifi_Educacion en el tercer piso afuera del salón grados-pabellón administrativo.....	92
Figura 31. Medición en el Aula Universia a una distancia de 4.20m entre la sonda y el access point.	95
Figura 32. Medición en el Aula Universia a una distancia de 6.62m entre la sonda y el access point.	96
Figura 33. Medición en el Aula Universia a una distancia de 4.76m entre la sonda y el access point.	96
Figura 34. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.	113
Figura 35. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Odontología.....	114

Figura 36. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ciencias Administrativas.	115
Figura 37. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica.	116
Figura 38. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería Industrial.	117
Figura 39. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ciencias Biológicas.	118
Figura 40. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Psicología.	119
Figura 41. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ciencias Humanas y Letras.	120
Figura 42. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.	121
Figura 43. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Educación.	122
Figura 44. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en el Aula Universia de Biblioteca Central.	123
Figura 45. Absorción de RF en todo el cuerpo.	133
Figura 46. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306 usando el Software Acrylic.	153
Figura 47. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313 usando el Software Acrylic.	154

Figura 48. Características generales para el access point FIEEE 2X ubicado en las escaleras del tercer piso usando el Software Acrylic.	154
Figura 49. Características generales para el access point FIEEE 2A ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación usando el Software Acrylic.	155
Figura 50. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el primer piso en la sala de estudio usando el Software Acrylic.....	155
Figura 51. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306.	156
Figura 52. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313.	157
Figura 53. Espectro del canal de frecuencia 05 del access point UNMSM ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación.....	157
Figura 54. Espectro del canal de frecuencia 05 del access point UNMSM ubicado en la escalera del segundo piso.....	158
Figura 55. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point UNMSM ubicado en la sala de estudio.	158
Figura 56. Tráfico generado en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306.....	159
Figura 57. Tráfico generado en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313.....	160
Figura 58. Tráfico generado en la red Wi-Fi FIEEE 2A1 ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación.	160
Figura 59. Tráfico generado en la red Wi-Fi FIEEE 2X ubicado en la escalera del segundo piso.....	161
Figura 60. Tráfico generado en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en la sala de estudio.	161

Figura 61. Esquema de los puntos de medición en la sala de estudios de la FIEE.....	162
Figura 62. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.....	163
Figura 63. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso afuera del aula 1 usando el Software Acrylic.....	164
Figura 64. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en la biblioteca usando el Software Acrylic.....	165
Figura 65. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado usando el Software Acrylic.....	165
Figura 66. Características generales para el access point Wifi-Odontología LR ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado usando el Software Acrylic.....	166
Figura 67. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso en el interior del aula 5 usando el Software Acrylic.....	166
Figura 68. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso afuera del aula 1.....	167
Figura 69. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Wifi-Odontología ubicado en la biblioteca.....	168
Figura 70. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado.....	168
Figura 71. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado.....	169
Figura 72. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso en el interior del aula 5.....	169
Figura 73. Tráfico generado en la red Wifi-Odontologia ubicado en el primer piso afuera del aula 1.....	170

Figura 74. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en la biblioteca.....	171
Figura 75. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado.	171
Figura 76. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado.	172
Figura 77. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM Odontología ubicado en el primer piso en el interior del aula 5.	172
Figura 78. Esquema de los puntos de medición en la biblioteca de la Facultad de Odontología.....	173
Figura 79. Esquema de los puntos de medición en el 2 piso en el interior de la clínica de posgrado de la Facultad de Odontología.....	174
Figura 80. Esquema de los puntos de medición en el 2 piso en el interior de la clínica de posgrado de la Facultad de Odontología.....	174
Figura 81. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Odontología.....	175
Figura 82. Características generales para el access point Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación de la Unidad de Investigación usando el Software Acrylic.	176
Figura 83. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.	176
Figura 84. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203 usando el Software Acrylic.	177
Figura 85. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.	178

Figura 86. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205 usando el Software Acrylic.	178
Figura 87. Espectro del canal de frecuencia 05 del access point Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación.....	179
Figura 88. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point fcawlan 1b ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado.	180
Figura 89. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203.....	180
Figura 90. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point VDINVESTIGACION ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado.	181
Figura 91. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point fcawlan 2A ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205.....	182
Figura 92. Tráfico en la red Wi-Fi Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación.	183
Figura 93. Tráfico en la red Wi-Fi fcawlan 1b ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado.....	183
Figura 94. Tráfico en la red Wi-Fi fcawlan 1b ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203.....	184
Figura 95. Tráfico en la red Wi-Fi VDINVESTIGACION ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado.....	185
Figura 96. Tráfico en la red Wi-Fi fcawlan 2a ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205.....	185
Figura 97. Esquema de los puntos de medición en el 1 piso en el interior del aula 5 de la Facultad de Ciencias Administrativas.....	186

Figura 98. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Ciencias Administrativas.	187
Figura 99. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en la Escuela Profesional de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell usando el Software Acrylic.....	188
Figura 100. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en la oficina Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental usando el Software Acrylic.	188
Figura 101. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica usando el Software Acrylic.....	189
Figura 102. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica usando el Software Acrylic.	190
Figura 103. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point EP_MINAS ubicado en la Escuela Académica de Ingeniería de Minas al frente del Auditorio David Lowell.....	191
Figura 104. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point EP_AMBIENTAL ubicado en la oficina Escuela Académica de Ingeniería Ambiental.	191
Figura 105. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point EAPMETALURGIA ubicado en la escalera del tercer piso ubicado en la escalera del tercer piso de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.	192
Figura 106. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point FIGMMG ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica.....	193
Figura 107. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point FIGMMG ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.	193
Figura 108. Tráfico generado en la red EP_MINAS ubicado en la Escuela Académica de Ingeniería de Minas al frente del Auditorio David Lowell.....	194

Figura 109. Tráfico generado en la red EP_AMBIENTAL ubicado en la oficina Escuela Académica de Ingeniería Ambiental.....	195
Figura 110. Tráfico generado en la red FIGMMG ubicado en el Aula 101 ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica.	195
Figura 111. Tráfico generado en la red FIGMMG ubicado en el AULA 306 ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.	196
Figura 112. Esquema de los puntos de medición en la oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental.....	197
Figura 113. Esquema de los puntos de medición en el aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica.....	197
Figura 114. Esquema de los puntos de medición en el aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica.....	198
Figura 115. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgia y Geográfica.	199
Figura 116. Características generales para el access point :INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 304 usando el Software Acrylic.....	200
Figura 117. Características generales para el access point :INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 203 usando el Software Acrylic.....	200
Figura 118. Características generales para el access point BILIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura usando el Software Acrylic.....	201
Figura 119. Características generales para el access point POSGRADO AULA_B ubicado en el interior del aula B de Posgrado usando el Software Acrylic.	202
Figura 120. Características generales para el access point :INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6 usando el Software Acrylic.	202

Figura 121. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 304.	203
Figura 122. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 203.	204
Figura 123. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point BILIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura.	204
Figura 124. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point POSGRADO AULA_ B ubicado en el interior del aula B de Posgrado.....	205
Figura 125. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point .:INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6.	205
Figura 126. Tráfico generado en la red .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 304. .	206
Figura 127. Tráfico generado en la red .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 203. .	207
Figura 128. Tráfico generado en la red BILIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura.....	207
Figura 129. Tráfico generado en la red POSGRADO AULA_ B ubicado en el interior del aula B de Posgrado.....	208
Figura 130. Tráfico generado en la red .:INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6.	208
Figura 131. Esquema de los puntos de medición en la sala de lectura.	209
Figura 132. Esquema de los puntos de medición en el aula B de Posgrado.	210
Figura 133. Esquema de los puntos de medición en el laboratorio N°6.	210
Figura 134. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Industrial.	211
Figura 135. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia usando el Software Acrylic.	212

Figura 136. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación usando el Software Acrylic.....	213
Figura 137. Características generales para el access point FCBIOLOGICAS02 ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia usando el Software Acrylic.	213
Figura 138. Características generales para el access point FCBIOLOGICAS01 ubicado en el interior de la sala de cómputo usando el Software Acrylic.	214
Figura 139. Características generales para el access point UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.	214
Figura 140. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia.	215
Figura 141. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación.	216
Figura 142. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia.....	216
Figura 143. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el interior de la sala de cómputo.	217
Figura 144. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado.....	218
Figura 145. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia.	219
Figura 146. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación.	219
Figura 147. Tráfico generado en la red FCBIOLOGICAS02 ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia.	220

Figura 148. Tráfico generado en la red FCBIOLOGICAS01 ubicado en el interior de la sala de cómputo.....	220
Figura 149. Tráfico generado en la red UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado.	221
Figura 150. Esquema de los puntos de medición en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia.	222
Figura 151. Esquema de los puntos de medición en la sala de cómputo.	222
Figura 152. Esquema de los puntos de medición en la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado.....	223
Figura 153. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad Biología.....	223
Figura 154. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula usando el Software Acrylic.	224
Figura 155. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento usando el Software Acrylic.....	225
Figura 156. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A usando el Software Acrylic.	225
Figura 157. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C usando el Software Acrylic.....	226
Figura 158. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso usando el Software Acrylic.....	227
Figura 159. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula.	228
Figura 160. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento.	228

Figura 161. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A.	229
Figura 162. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C.....	229
Figura 163. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso.	230
Figura 164. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula.	231
Figura 165. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento.....	231
Figura 166. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A.	232
Figura 167. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C.	232
Figura 168. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso.	233
Figura 169. Esquema de los puntos de medición en la oficina de unidad de matrícula.	234
Figura 170. Esquema de los puntos de medición en la oficina de Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento.	235
Figura 171. Esquema de los puntos de medición en el aula 1A.	235
Figura 172. Esquema de los puntos de medición en el aula 2C.....	236
Figura 173. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Psicología.....	236
Figura 174. Características generales para el access point Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de servicios generales y mantenimiento usando el Software Acrylic. ..	237
Figura 175. Características generales para el access point Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA usando el Software Acrylic.	238

Figura 176. Características generales para el access point Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio usando el Software Acrylic.	238
Figura 177. Características generales para el access point Fac-letras ubicado afuera del aula 15B usando el Software Acrylic.	239
Figura 178. Características generales para el access point Fac-letras ubicado afuera del aula 15B usando el Software Acrylic.	239
Figura 179. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento.....	240
Figura 180. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA.	241
Figura 181. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio.....	241
Figura 182. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point Fac-letras ubicado afuera del aula 15B.	242
Figura 183. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point Fac-letras ubicado sala de diseño.	243
Figura 184. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento.....	244
Figura 185. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA.	244
Figura 186. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio.....	245
Figura 187. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado afuera del aula 15B.	245
Figura 188. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado al interior de la sala de diseño...	246
Figura 189. Esquema de los puntos de medición en la sala de diseño.....	247

Figura 190. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad Letras y Ciencias Humanas.....	248
Figura 191. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas usando el Software Acrylic.....	249
Figura 192. Características generales para el access point FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208 usando el Software Acrylic.	249
Figura 193. Características generales para el access point UNMSM ubicado 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.....	250
Figura 194. Características generales para el access point FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos usando el Software Acrylic.	251
Figura 195. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el 3 piso en el interior de la videoteca usando el Software Acrylic.	251
Figura 196. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas.....	252
Figura 197. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208.....	253
Figura 198. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point UNMSM ubicado en el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado.....	253
Figura 199. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.....	254
Figura 200. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point UNMSM ubicado en el 3 piso al interior de la videoteca.	254
Figura 201. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas.....	255

Figura 202. Tráfico generado en la red FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208.....	256
Figura 203. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado.....	256
Figura 204. Tráfico generado en la red FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.....	257
Figura 205. Tráfico generado en la red FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.....	257
Figura 206. Esquema de los puntos de medición en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.	258
Figura 207. Esquema de los puntos de medición en el 3 piso en el interior de la videoteca.	259
Figura 208. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Sistemas e Informática.	259
Figura 209. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopidora usando el Software Acrylic.	260
Figura 210. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213 usando el Software Acrylic.	261
Figura 211. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213 usando el Software Acrylic.	261
Figura 212. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo usando el Software Acrylic.....	262

Figura 213. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo usando el Software Acrylic.....	263
Figura 214. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopidora.	264
Figura 215. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213.....	264
Figura 216. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del aula N° 313.....	265
Figura 217. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo.	266
Figura 218. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo.....	266
Figura 219. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopidora.	267
Figura 220. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213.....	268
Figura 221. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213.....	268
Figura 222. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo.....	269
Figura 223. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo.....	270
Figura 224. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Educación.....	271

Figura 225. Características generales para el access point UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen” usando el Software Acrylic.	272
Figura 226. Espectro del canal de frecuencia 02 del access point UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”.	273
Figura 227. Tráfico generado en la red UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”.	274
Figura 228. Esquema de los puntos de medición en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”.	274

Capítulo 1

Introducción

Planteamiento del problema

La red Wireless Fidelity comúnmente conocida como Wi-Fi viene presentando un aporte importante en la transformación del sistema de comunicación por cable a un sistema de conexión inalámbrica, permitiendo que el servicio de internet no sea de uso restringido, sino que exista cada vez más usuarios con acceso a este servicio.

Hasta el segundo trimestre del 2018, Osiptel, el regulador de las Telecomunicaciones en el Perú, menciona que existe un total de 2 437 624 suscriptores al servicio de Internet Fijo con una tasa de 4.91% anual de crecimiento en comparación al segundo trimestre del 2017. En la actualidad el Perú ascendió a 6.9 suscriptores por cada 100 habitantes, siendo la región de Lima la que presenta un mayor nivel de densidad del servicio de internet fijo con un nivel de 12.6 suscriptores por cada 100 habitantes (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones [OSIPTTEL], 2018).

Las regiones de Lima y Callao obtuvieron más de la mitad de los suscriptores totales que se registraron en todo el Perú, con un valor aproximado de casi 1.4 millones de suscriptores con el 63% del mercado nacional de internet fijo. Solo el departamento de Lima cuenta con 1 274 546 suscriptores quien es la región con más suscriptores en el servicio de internet fijo, los departamentos de Amazonas, Pasco y Cusco registraron las mayores tasas de crecimiento anual, con el 50.8%, 17.5% y 12.7%, respectivamente (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2017).

Según el Foro Económico Mundial, el país que alcanzó más de 53 millones de conexiones públicas teniendo un 20% de los hotspots a nivel global es Estados Unidos, nuestro país se ubica en la posición 54 con 88 682 conexiones públicas donde el departamento de Lima contiene 55 804 puntos de acceso público a internet representando un

63% del total, después aparece el Callao con 24 222 y el departamento de Cusco con 755 (ComexPerú, 2016).

Estas cifras indican la expansión de cobertura de la señal Wi-Fi en el país, la conectividad digital inalámbrica se ha convertido un factor importante para el desarrollo de nuestra economía, presentando un avance significativo en la productividad para las micro, pequeñas y medianas empresas. Un 15% de las pymes nacionales activas en internet logran incrementar hasta un 40% de sus ventas, según Google Perú; indican también que por cada sol invertido en publicidad digital las pymes obtienen un ingreso promedio de S/ 8.5 es así que las pymes representan alrededor de un 40% del mercado de publicidad en internet (ComexPerú, 2016).

Así como se ha observado el aumento de la cobertura de las redes Wi-Fi, también la cantidad de jóvenes que acceden a internet es impresionante pues del más de medio millón de usuarios que se conectaron a internet, el 56% fueron jóvenes entre 18 y 25 años, edad promedio de un estudiante universitario, el 24% fueron usuarios entre 26 y 35 años y el 9% entre 36 y 45 años, solo el 3% mayores de 46 años (Garrido Koechlin, 2014).

La diversidad y cantidad de dispositivos inalámbricos se ha incrementado grandemente en los últimos años. Es así, que en el año 2013 se estimaba que había 10 mil millones de dispositivos inalámbricos en uso que superaban en número a la población mundial de 7 mil millones, es decir 1.43 dispositivos por persona, en ese entonces, y para el 2020 se estima que habrá 30 mil millones de dispositivos inalámbricos en uso entre 8 mil millones de humanos, es otras palabras 3.75 dispositivos por persona (Blegen, 2013).

Es por ello que siendo un porcentaje alto la cantidad de jóvenes que se conectan a una red inalámbrica Wi-Fi y teniendo un incremento cada vez más de los dispositivos inalámbricos, existe la preocupación de la población por los posibles efectos a la salud a causa de la instalación de una red inalámbrica Wi-Fi por la emisión de radiación de campos

electromagnéticos (Discovery Salud, 2010). Esta intranquilidad también se ha visto en las escuelas del Reino Unido, por ello la Health Protection Agency ha realizado los estudios más exhaustivos de evaluación a niños que se encuentran expuestos a radiaciones no ionizantes de sistemas Wi-Fi, específicamente de los acces point y de las computadoras portátiles, que son elementos de una red Wi-Fi (Findlay & Dimbylow, 2010; Peyman et al., 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que las redes de Wi-Fi como la señal de los teléfonos móviles están ubicadas en el grupo de posibles cancerígenos (categoría 2B), según la Agencia Internacional de Cáncer (IARC) que integra la OMS (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2018)

En el Perú aún no se tiene un estudio detallado sobre las radiaciones no ionizantes emitidas por las señales de Wi-Fi, por lo tanto, es un motivo más por el cual se realizó la presente tesis para determinar la relación con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98 y con la salud de los estudiantes.

Formulación del Problema

Problema General

¿En qué medida la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi instalados en diez facultades de la UNMSM y computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica se relaciona con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98 y la salud de los estudiantes?

Problema Específico

- ¿Qué niveles de exposición a radiaciones no ionizantes producida por el sistema Wi-fi existen en diez facultades de la UNMSM?
- ¿Qué niveles de exposición a radiaciones no ionizantes producida por las computadoras portátiles existen en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM?

- ¿Cuáles son los posibles efectos a la salud provenientes de la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi y computadoras portátiles y su relación con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98?

Justificación

Justificación Teórica

Mediante esta investigación se conocerá los niveles existentes de radiación no ionizante y los posibles efectos sobre la salud a la exposición de los campos electromagnéticos de los sistemas Wi-Fi y de las computadoras portátiles, se realizará una comparación con la norma ICNIRP 98 para saber si exceden los límites máximos permisibles (LMP) según la Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante (ICNIRP), también evaluar si los valores obtenidos son semejantes a los valores encontrados en estudios existentes.

Justificación Práctica

Esta investigación no cuenta con ningún estudio como antecedente en el Perú, por lo que será de gran colaboración para tener conocimiento si la exposición a radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi y de las computadoras portátiles tienen algún posible efecto contra la salud del ser humano, de esta manera tener respuesta ante la incertidumbre e intranquilidad de la población a este tipo de exposición. Teniendo un panorama más claro sobre los posibles efectos a la radiación emitida por la red Wi-Fi y computadoras portátiles, se logrará la expansión de cobertura de una red Wi-Fi beneficiando a más usuarios a estar más conectados a internet ya sea en las escuelas, universidades, centros de trabajo, entre otros.

Objetivos

Objetivo General

Investigar en qué medida la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi instalados en diez facultades de la UNMSM y computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica se relaciona con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98 y la salud de los estudiantes.

Objetivos Específicos

- Analizar los niveles de exposición a las radiaciones no ionizantes producida por el sistema Wi-Fi que existen en diez facultades de la UNMSM.
- Analizar los niveles de exposición a las radiaciones no ionizantes producida por las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
- Revisar la literatura internacional sobre los posibles efectos a la salud provenientes de la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi y computadoras portátiles y su relación con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98.

Matriz de Consistencia

Tabla 1

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Metodología	Población
Problema Principal	Objetivo General	Tipo de investigación	Población de estudio
¿En qué medida la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi instalados en diez facultades de la UNMSM y computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica se relaciona con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98 y la salud de los estudiantes?	Investigar en qué medida la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi instalados en diez facultades de la UNMSM y computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica se relaciona con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98 y la salud de los estudiantes.	El presente trabajo es una de enfoque cuantitativo. Diseño de la investigación El presente trabajo responde al de una investigación no experimental del tipo transversal. Técnicas Las técnicas que se ha empleado en la investigación son las mediciones de campo de la intensidad de campo eléctrico, basado en un protocolo de medición que fue elaborado.	La población para esta investigación estuvo conformada 20 Facultades de la UNMSM. Muestra Según lo desarrollado para esta investigación, la muestra para los sistemas Wi-Fi fue no probabilística. Por lo que se realizó antes, una prospección en las facultades para elegir en que espacios realizar las mediciones, de las cuales se escogió a diez facultades. Para las computadoras portátiles se consideró los dispositivos de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Instrumentos	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué niveles de exposición a radiaciones no ionizantes producida por el sistema Wi-fi existen en diez facultades de la UNMSM? ¿Qué niveles de exposición a radiaciones no ionizantes producida por las computadoras portátiles existen en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM? ¿Cuáles son los posibles efectos a la salud provenientes de la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi y computadoras portátiles y su relación con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98? 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Analizar los niveles de exposición a las radiaciones no ionizantes producida por el sistema Wi-Fi que existen en diez facultades de la UNMSM. ❖ Analizar los niveles de exposición a las radiaciones no ionizantes producida por las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica. ❖ Revisar la literatura internacional sobre los posibles efectos a la salud provenientes de la exposición a las radiaciones no ionizantes de los sistemas Wi-Fi y computadoras portátiles y su relación con los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98. 	Los principales instrumentos que se usaron fue el equipo de medición SRM 3006-Narda, el módulo de posicionamiento manual, el software Lan traffic y Acrylic Wi-Fi.	

Nota: Elaboración propia.

Capítulo 2

Marco Teórico

Antecedentes

Peyman et al. (2011) realizaron mediciones de laboratorio en dispositivos Wi-Fi para evaluar las densidades de potencia y las intensidades de campo eléctrico, en escuelas del Reino Unido. Utilizaron un analizador de señal con un ancho de banda de 20 MHz.

Los valores máximos de intensidad de campo eléctrico registrados a 0.5m alrededor de las computadoras portátiles y puntos de acceso fueron de 2.89mV/m y 5.716mV/m, respectivamente. Las pruebas demostraron también que la intensidad del campo eléctrico se reducía rápidamente con la distancia para todos los dispositivos Wi-Fi. Los valores de densidad de potencia máxima de las computadoras portátiles y puntos de acceso a 0.5m fueron 22mW/m² y 87mW/m², respectivamente, disminuyendo a 4mW/m² y 18mW/m² a 1 m de distancia. Este estudio concluye que todos los dispositivos bajo prueba tenían valores máximos de campo eléctrico y densidad de potencia muy por debajo de los límites ICNIRP de 61V/m y 10W/m², respectivamente.

Del Valle, Valdez, Miranda & Schlesinger (2012) ejecutaron mediciones de radiaciones no ionizantes en puntos de acceso de Wi-Fi en la banda de 2.4GHz, en el Instituto Cardiológico de Corrientes en una zona donde se monitorea los signos vitales de los pacientes mediante un sistema de transmisión inalámbrica y en la Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura del campus de la Universidad Nacional del Nordeste, en Argentina, donde se utiliza Wi-Fi para brindar acceso a internet a profesores y alumnos. Usaron un medidor de campo de banda ancha para un rango de frecuencia de 300 KHz a 50 GHz. Los resultados encontrados para el Instituto Cardiológico de Corrientes fueron de 0.0019 V/m a 0.1569V/m de intensidad de campo eléctrico y para la Facultad obtuvieron valores de 0.73 a

5.21V/m. Basados en el cálculo y verificado mediante las mediciones realizadas, concluyeron que los niveles están por debajo de los valores máximos permisibles según la normativa.

Industry Canadá (2012) realizó mediciones de campos electromagnéticos de radiofrecuencia en una sala de juntas de Industry Canada ubicada en Aurora, Ontario. Esta sala contenía dos puntos de acceso de Wi-Fi y 24 computadoras portátiles. El ambiente se dividió en cuadrículas de $2.13 \times 1.07 \text{m}^2$ de área, las mediciones se realizaron en 12 puntos.

Se registró los niveles de exposición más altos en las ubicaciones P5 y P8. Para la ubicación P8, que estaba cerca del access point AP1 con una potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) de 30.3dBm (1.1W) con una frecuencia central de 5180 MHz, el nivel de exposición promedio más alto obtenido fue 0,232% con respecto a la norma “límites del Código de seguridad 6 (SC6) de Health Canadá”, este valor al ser estandarizado bajo la recomendación ICNIRP 98 es 1.08%, la medición se realizó durante un tiempo de 1 minuto.

Para la ubicación P5, que estaba cerca del AP2 con una PIRE de 33.7 dBm (2.3W) transmitiendo a una frecuencia central de 2437 MHz el nivel de exposición promedio encontrado fue 0.234%, este valor según ICNIRP 98 es 0.75% para un tiempo de medición de 1 minuto.

Concluyeron, que la exposición de RF de varios puntos de acceso y dispositivos portátiles conectados a la red Wi-Fi dentro de un ambiente cerrado estaba muy por debajo de los límites de SC6.

Gledhill (2014) presenta los resultados de mediciones de exposiciones a los sistemas Wi-Fi, en los puntos de acceso y las computadoras portátiles en escuelas de Nueva Zelanda.

Usaron el medidor Narda SRM-3006; los resultados de este estudio se presentan como porcentaje del nivel de referencia de densidad de flujo de potencia. Para las mediciones de los AP en las aulas, colocaron la sonda isotrópica en un soporte a una altura de 90cm del piso, donde la exposición máxima promediada durante seis minutos fue equivalente al 0.024% del

nivel de referencia y las exposiciones promedio fueron inferiores al 0.01% del nivel de referencia de público en general. Las exposiciones en las aulas sin punto de acceso eran mucho más bajas debido a la disminución de la intensidad de la señal Wi-Fi con la distancia desde el AP, y la atenuación por las paredes.

Las mediciones en los dispositivos portátiles en la escuela A se realizaron con las computadoras ubicadas en los escritorios de los estudiantes, donde los valores promedio e instantáneo fue hasta 0.2% con respecto al límite. En la escuela B, las mediciones se realizaron con la sonda ubicada a unos 30cm de distancia al centro de la pantalla de las laptops, los valores promedios e instantáneo medidos resultaron mayores cuando todas las computadoras portátiles estaban en modo carga de un archivo de 12Mbytes, obtuvieron hasta un 0.1%, con respecto al nivel de referencia de público en general.

Concluyeron, que las exposiciones a las señales Wi-Fi en las escuelas de Nueva Zelanda, no representa un riesgo para la salud de los niños o el personal.

Gökmen et al. (2016) realizan un análisis numérico de la exposición a campos electromagnéticos en la unidad de cuidados intensivos de un hospital en Turquía. Hicieron uso de un medidor selectivo SRM-3006. Obtuvieron un conjunto de datos que incluía 5929 observaciones, midiendo el campo eléctrico V/m. Sin embargo, también se descubrió que las comunicaciones móviles eran la causa más crítica de los campos magnéticos. Las mediciones realizadas muestran las intensidades de campo eléctrico para la Band-L (DAB), GSM 1800, DECT, UMTS-TDD, UMTS DL, W-LAN e ISM, estas intensidades tenían una variación de 0.00578 a 3.548479 V/m. Los límites de seguridad de referencia de 137V/m para W-LAN no fue excedido.

Karan, As & Şahin (2017) evaluaron la radiación electromagnética en tres viviendas donde se usan diferentes adaptadores y enrutadores Wi-Fi se evaluó midiendo el campo eléctrico y comparándolo con otra fuente de radiación electromagnética y los límites

establecidos por la Autoridad de Tecnologías de la Información y la Comunicación (ICTA) de Argentina. Se tomaron medidas en el rango de las bandas de 760-2690 MHz utilizadas por las tecnologías GSM, 3G / LTE y Wi-Fi.

Para la medición al adaptador de Wi-Fi variaron las distancias, obtuvieron valores máximos promedios de intensidad de campo eléctrico desde 0.03 a 1.61 V/m y entre los valores máximos se tiene de 0.20 a 11.8 V/m. En conclusión, los valores detectados para todas las frecuencias son significativamente más bajos que los límites de la Autoridad de Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Gryz, Karpowicz & Zradziński (2018) evaluaron el campo electromagnético (EMF) emitido por computadoras portátiles. La investigación se realizó para diez computadoras portátiles. Realizaron las mediciones en una cámara anecoica y usaron el medidor selectivo SRM 3006 para la intensidad de campo eléctrico. Las mediciones se realizaron a una distancia de 10 cm entre la sonda y la computadora portátil. Durante las mediciones, las laptops transmitían datos a un enrutador (ubicado a 5m de distancia).

Los resultados de las mediciones selectivas del campo eléctrico de las interfaces Wi-Fi fueron inferiores de 7V/m (en el rango de frecuencias de 2400 - 2484 MHz y en el rango de 5150 - 5725 MHz). Dicho nivel de exposición es inferior con respecto a la Recomendación 1999/519/CE del límite público general de 61 V/m.

Nájera, Alpuente, Gonzales, Sanchez & Luis (2018) comparan los niveles de exposición de campos electromagnéticos de radiofrecuencia determinada por dos equipos: una sonda isotrópica de banda ancha (NARDA EM-300) y un exposímetro personal PEM (Satimo EME Spy 140) en 38 lugares diferentes que cubre toda el área urbana de Tarancón (España). Con el NARDA EM-300 se trabajó en el rango de frecuencia de 100KHz a 3GHz y con el PEM Satimo EME Spy 140 en el rango de 88MHz a 5.8GHz. Presentan un análisis

estadístico y espacial de las mediciones, el valor promedio de la medición de banda ancha fue 0.438 V/m y 0.281 V/m para las mediciones PEM. Realizaron una prueba de U-Mann-Whitney donde concluyen que entre las mediciones de los dos equipos no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). De esta manera determinaron que los valores encontrados están muy por debajo de los límites.

Necz, Nagy & Thuroczy (2018) midieron el nivel de exposición a RF en campo eléctrico en jardines de infantes en la capital de Hungría (Budapest) durante cinco días, se usó el exposímetro MVG EME Spy 121 que contiene 12 canales de RF predefinidos entre ellos se encuentra Wi-Fi en el rango de frecuencia de 2400-2500 MHz. Los valores medios registrados de la exposición total a RF fueron inferiores a 0.25V/m, lo que es varias veces menor que los límites públicos de exposición a RF. Se concluyó que la exposición de estas fuentes es mucho menor en la habitación de los niños cuando estas fuentes están fuera de las habitaciones. Por lo tanto, recomiendan que en los jardines y guarderías estos equipos deben operar en ambientes donde los niños no están presentes.

Trček, Valič & Gajšek (2018) investigaron la exposición a los campos electromagnéticos en diferentes entornos en Eslovenia. Realizaron 60 mediciones, 20 para cada entorno. Usaron el medidor selectivo Narda SRM-3006 con una incertidumbre de medición extendida para todo el sistema de medición de ± 2.9 dB. En el caso de la exposición a Wi-Fi obtuvieron como valor máximo (E_{\max}) 0.474 V/m y valor promedio (E_{avg}) 0.092 V/m en áreas urbanas, E_{\max} igual a 0.136V/m y E_{avg} igual 0.029V/m para ciudades pequeñas y para áreas rurales un E_{\max} igual a 0.036V/m y E_{avg} igual 0.019V/m. La evaluación del índice de exposición total máximo según ICNIRP no excedió el 0,7% y el índice de exposición promedio para todos los entornos estaba por debajo del 0.21%. Las redes Wi-Fi dentro de los edificios generalmente fueron insignificantes. Concluyeron que las mediciones de RF-EMF

en diferentes entornos en Eslovenia demostraron que el índice de exposición es bastante bajo con respecto a las recomendaciones ICNIRP para el público en general.

Base Teórica

Conceptos teóricos sobre radiación electromagnética

Cada día estamos expuestos a las ondas electromagnéticas porque el ser humano hace uso de la tecnología diariamente, ya sea en el trabajo, en el hogar o en espacios públicos, nos encontramos a exposición de la radiación electromagnética por fuentes naturales como las radiaciones ultravioletas o por fuentes artificiales como las radiaciones generados por la electricidad, el uso de electrodomésticos, por las antenas de comunicaciones móviles, estaciones de radio o televisión o los dispositivos electrónicos que usamos frecuentemente; la radiación electromagnética está presente en nuestro entorno, es parte de la vida del ser humano.

Los campos electromagnéticos (CEM) se describen como un conjunto de ondas en el que la energía es transportada por campos eléctricos (E) y magnéticos (H) que varían en planos perpendiculares entre sí y en la dirección de propagación de energía como se puede apreciar en la Figura 1.

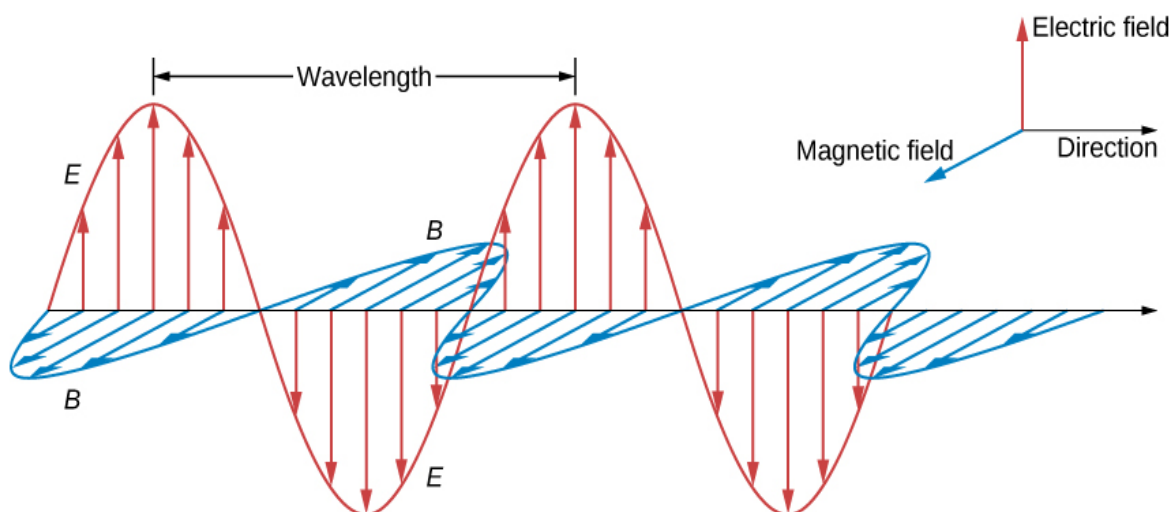


Figura 1. Forma de onda de un campo electromagnético.
Fuente: Ling, Sanny y Moebs (2018)

Las diversas fuentes de ondas electromagnéticas generan variaciones en la intensidad del campo eléctrico (V/m) y magnético (T), las fuentes de origen artificial producen ondas con intensidades de campo que varían sinusoidalmente con respecto al tiempo, las características principales de una onda electromagnética se muestran en la Figura 1, el número de ciclos por segundo se define como la frecuencia (f) y se cuantifica en la unidad Hertz (Hz). Las ondas viajan a la velocidad de la luz (c) que es igual a 3×10^8 m/s en el espacio libre y en el aire, pero reduce su velocidad en los medios dieléctricos y en los tejidos corporales. La longitud de onda (λ) es la distancia entre los picos sucesivos en una onda y tiene relación con la frecuencia ya que es igual a $\lambda = c/f$ (ICNIRP, 2009).

Tanto la intensidad de campo eléctrico y campo magnético son mayores cuando se está más próximo a las fuentes de radiación y van disminuyendo cuando la distancia aumenta, es decir cuando nos encontramos más lejos de la fuente electromagnética.

Un campo magnético variable en el tiempo actúa como fuente de campo eléctrico y un campo eléctrico que varía en el tiempo genera un campo magnético, esto está definido en las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo, las ecuaciones de Maxwell, esto colaboró para considerar la existencia de una perturbación electromagnética en campos eléctricos y magnéticos que varían en el tiempo, con la capacidad de propagarse de una región a otra dentro del mismo espacio, dicha perturbación es conocida como una onda electromagnética. (Young y Freedman, 2013, p.1015)

Con las ecuaciones de Maxwell se puede concluir que toda carga acelerada emite energía electromagnética, algunos ejemplos que apreciamos en nuestra realidad son las líneas de transmisión de energía eléctrica, los teléfonos móviles, los dispositivos de una red WLAN como: access point, laptops o un trasmisor de radio que a causa de tener cargas en aceleración irradian ondas electromagnéticas (Young & Freedman, 2015).

Espectro electromagnético

El conjunto de ondas electromagnéticas propagándose en todas las frecuencias posibles conforman el espectro electromagnético, se muestra en la Figura 2. El espectro se divide en campos eléctricos y magnéticos estáticos, radiofrecuencia (RF), la radiación infrarroja y la luz visible hasta rayos X y los rayos gamma (Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT], 2015).

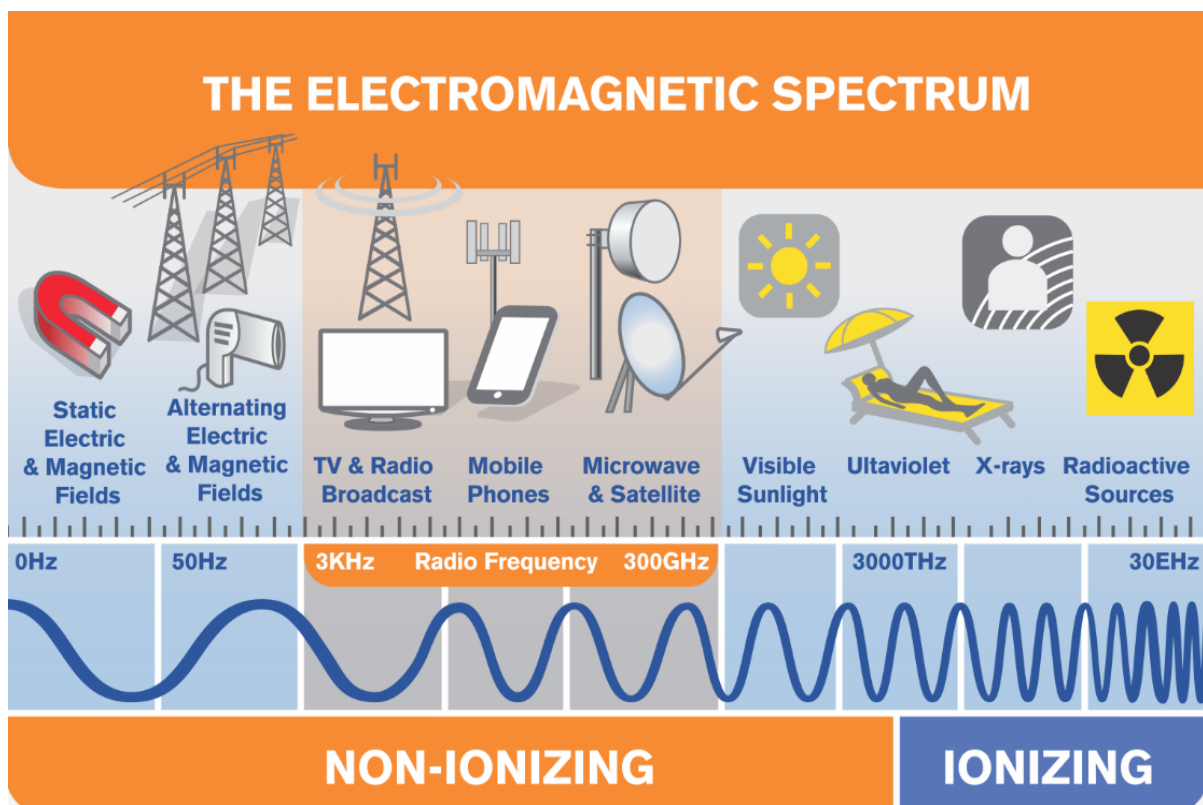


Figura 2. El espectro electromagnético.

Fuente: UIT (2015)

La radiación electromagnética de radiofrecuencia (RF) se extiende desde la frecuencia de 3 kHz a 300 GHz, es parte del espectro electromagnético, estos campos se utilizan para transmitir información y forman la base de las telecomunicaciones, encontramos los transmisores de televisión y radio, las estaciones base, las microondas, los access point, los teléfonos móviles, radares, dispositivos electrónicos como: las computadoras portátiles, tablets o los teléfonos inalámbricos (UIT, 2015).

Regiones de Campo electromagnético

Región de Campo Cercano

Esta región se encuentra en la zona próxima a la de una antena u otra estructura radiante, aquí los campos eléctricos (E) y magnéticos (H) no son perpendiculares, es decir no son ondas de tipo onda plana. Es compleja la evaluación de su propagación ya que existe una relación arbitraria de fase y amplitud entre los vectores de intensidad de campo eléctrico y magnético y no se tienen los mismos valores de E y H a lo largo de la dirección de propagación. Para obtener una evaluación adecuada se debe analizar los campos E y H independientemente calculando la fase y la amplitud de estos campos (UIT-R, 2005).

También llamado zona de Fresnel “Esta región existe solo si la dimensión máxima D de la antena es grande en comparación con la longitud de onda λ ” (UIT K.61, 2018, p. 6).

La región de campo cercano se subdivide en:

Región de campo cercano reactivo

Está definido como, “la región de campo cercano que rodea a la antena y donde predomina el campo reactivo. Esta región se extiende a una distancia de una longitud de onda de la antena” (UIT K.61, 2018, p. 6).

Región de campo cercano reactivo-radiante

“En el límite del campo cercano reactivo, puede definirse una región de transición en la que el campo de radiación comienza a ser importante en comparación con el componente reactivo. Esta región se extiende a 3λ longitudes de onda de la fuente” (UIT K.61, 2018, p. 6).

Región de Campo Lejano

En esta región “el campo tiene un carácter predominante de una onda plana, ello significa que los campos eléctrico y magnético están en fase y que sus amplitudes presentan

una relación constante” (UIT-R, 2005, p. 5). Por lo que su evaluación y análisis es menos complicado ya que solo es necesario estudiar un campo ya sea el campo eléctrico o magnético.

“El límite interno de la región de campo lejano radiante se define por el valor mayor entre 3λ y $2D^2/\lambda$ ” (UIT K.61, 2018, p. 6).

El límite es $2D^2/\lambda$ si la máxima dimensión D de la antena es grande en comparación con la longitud de onda. La distribución de las regiones del campo electromagnético se puede visualizar mejor en la Figura 3.

En el campo lejano, el modelo de onda plana es una buena aproximación de la propagación del campo electromagnético, entre las principales características de onda plana, se tiene:

- Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares a la dirección de propagación.
- Las fases de los campos E y H son las mismas, y sus amplitudes representan una relación constante en el espacio y se conoce como la impedancia característica del medio (η) a través del cual se propaga la onda. La impedancia característica del espacio libre y el aire es igual a 377 ohmios (Ω) (ICNIRP, 2009).
- La potencia por unidad de área normal a la dirección de propagación,
- La densidad de potencia S , tiene una relación con los campos eléctricos y magnéticos y esta expresado por,

$$S = EH = \frac{E^2}{377} = H^2 \cdot 377$$

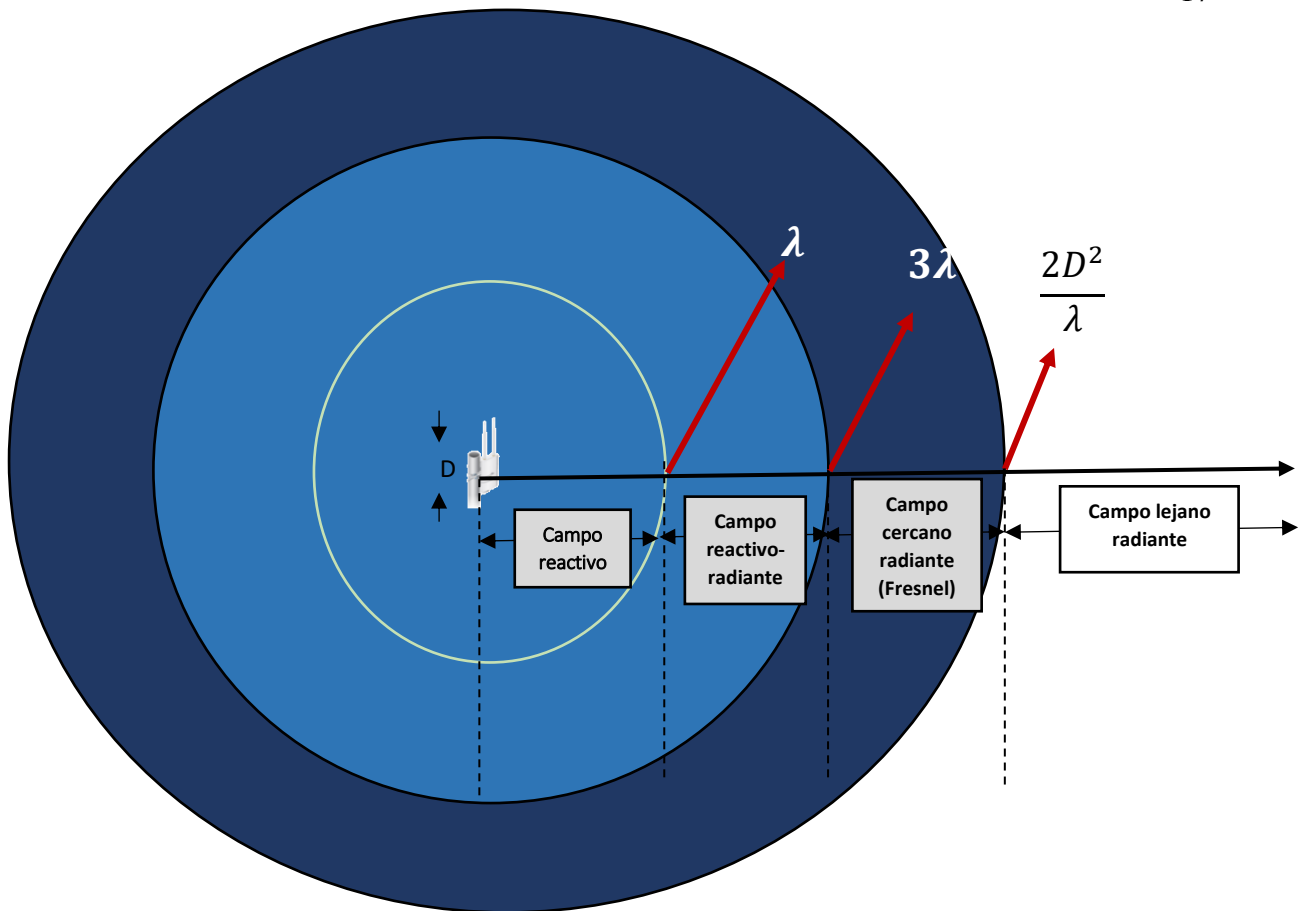


Figura 3. Regiones del campo electromagnético
Fuente: Elaboración propia

La radiación electromagnética está dividida en dos grandes grupos: radiación ionizante y radiación no ionizante.

Tipos de radiaciones de campos electromagnéticos

Radiación Ionizante

Son ondas electromagnéticas con la suficiente energía para producir ionización porque separa electrones de los átomos o moléculas. La ionización producirá una reactividad química en el tejido biológico, alterando moléculas como el ADN; esto puede conllevar a efectos adversos a la salud. Dentro de este tipo de radiación tenemos, las radiaciones alfa, beta, gamma y los rayos X (Consejo de Seguridad Nuclear [CSN], s.f).

Radiación No Ionizante

Las radiaciones no ionizante (RNI) son aquellas ondas electromagnéticas que no tienen suficiente energía en sus fotones para causar ionización en átomos y moléculas, son ondas de baja y media frecuencia y longitudes de onda muy largas, se encuentra en el rango de frecuencia de 0Hz hasta aproximadamente 3×10^{15} Hz, en este intervalo la energía del fotón iguala a $2 \times 10^{-18} J$ ó $12.4 eV$ y se hace comparable a la energía de enlace de los electrones con los átomos, por lo que antes de esa frecuencia, las ondas electromagnéticas no tienen la suficiente energía como para romper los enlaces atómicos. (Cruz, 2006, p. 36)

Entre las fuentes que generan las RNI están los campos estáticos, líneas eléctricas, señales de servicio de radiodifusión (AM, FM y TV), señales de comunicaciones inalámbricas, señales de Wi-Fi, entre otros.

Tasa de exposición o Cociente de exposición.

La tasa de exposición o también conocido como cociente de exposición “es un parámetro de exposición evaluado en una localización concreta para cada frecuencia de funcionamiento de una fuente radioeléctrica, expresado como fracción del límite correspondiente” (UIT, 2011, p. 2).

Para el rango de frecuencia de la presente investigación se calcula como:

Entre 100 kHz y 300 GHz:

$$ER = MAX\left[\left(\frac{E}{EL}\right)^2, \left(\frac{H}{HL}\right)^2\right]$$

o entre 10 MHz y 300 GHz:

$$ER = \left(\frac{S}{SL}\right)$$

Donde:

ER: es la tasa o coeficiente de exposición en cada frecuencia de funcionamiento de la fuente.

EL: es el límite máximo permisible del campo eléctrico según la legislación vigente en la frecuencia f .

HL: es el límite máximo permisible del campo magnético según la legislación vigente en la frecuencia f .

SL: es el límite máximo permisible de la densidad de potencia según la legislación vigente en la frecuencia f .

E: es el campo eléctrico medido en la frecuencia f de la fuente.

H: es el campo magnético medido en la frecuencia f de la fuente.

S: es la densidad de potencia de onda plana equivalente medida en la frecuencia f de la fuente.

f : es la frecuencia de funcionamiento del emisor o fuente.

ER se aplica a límites basados en reglamentaciones nacionales o, si no se han definido, en los principios de la ICNIRP (UIT, 2011, p. 2).

Regulación

Recomendaciones ICNIRP 98

La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) es una asociación científica e independiente establecida en 1992 en el octavo Congreso Internacional de la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) con el objetivo de investigar los peligros de las diversas formas de la emisión de las RNI, llevar a discusión temas sobre protección contra las RNI y desarrollar recomendaciones internacionales para limitar la exposición a RNI. ICNIRP presenta dos clases de recomendaciones:

Restricciones básicas

Son restricciones a la exposición a campos eléctricos, magnéticos variables en el tiempo que están basados directamente en los efectos en la salud, es complejo la medición de

estos valores, dependen de la frecuencia del campo, estas restricciones están expresadas por la densidad de corriente (J), la tasa de absorción específica de energía (SAR), y la densidad de potencia (S) (INCNIIRP, 1998).

Niveles de referencia

Estos niveles nos ayudan a evaluar de forma práctica si las restricciones básicas son excedidas, estos valores son menos complejos de ser medidos pueden ser obtenidos por técnicas de medición o modelos computacionales, algunas están basadas en percepciones y efectos indirectos adversos por la exposición a los CEM como las corrientes de contacto (I_C) y la absorción de energía específica (SA). Están expresados por la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la densidad de flujo magnético (B), la densidad de potencia (S) y las corrientes que fluyen a través de las extremidades (I_L). Si se cumple con los niveles de referencia se puede decir que existe un cumplimiento de las restricciones básicas, pero si se excede los niveles de referencia, no necesariamente se excede los valores de restricción básica, pero será necesario de una evaluación más detallada (INCNIIRP, 1998).

Las recomendaciones ICNIIRP se presenta para dos tipos de exposición:

Exposición Ocupacional

Esta exposición se presenta cuando las personas trabajan expuestas a las radiaciones no ionizantes sabiendo del riesgo que conlleva esto, pero también están capacitados para aplicar las protecciones adecuadas (INCNIIRP, 1998). Los límites máximos permisibles, se puede observar en la Tabla 6 de la norma ICNIIRP 98, que se encuentra en el Apéndice B.

Exposición Poblacional

Esta exposición está presente cuando las personas no tienen conocimiento del tipo de radiación que están expuestas ni tampoco saben que precauciones tomar para minimizar o

evitar su exposición (ICNIRP, 1998). Los límites máximos permisibles, se puede observar en la Tabla 7 de la norma ICNIRP 98, que se encuentra en el Apéndice B.

Para este estudio se hará uso de los niveles de referencia en la exposición poblacional.

En el Apéndice B, se muestra la norma ICNIRP 98.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)

Decreto Supremo N° 038-2003-MTC

El 06 de julio de 2003 se publicó en el Diario Oficial El Peruano, el D.S. N° 038-2003-MTC: “Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones “. Dichos Límites Máximos Permisibles (LMP) adoptan las recomendaciones de la “International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection” (ICNIRP) para el rango de frecuencias entre 9 kHz y 300 GHz (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2003).

Esta norma tiene por finalidad “establecer los Límites Máximos Permisibles (LMP) de Radiaciones No Ionizantes (RNI) en Telecomunicaciones, su monitoreo, control y demás regulaciones para el efectivo cumplimiento de los límites que establece la presente norma” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2003, p. 2).

En el Apéndice C se observa el Decreto Supremo N° 038-2003-MTC, y en el artículo N° 3 de la norma se encuentra las tablas con los valores límites máximos permisibles para exposición ocupacional y poblacional.

Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Decreto Supremo N° 010-2005-PCM

El 03 de febrero de 2005 se publicó en el Diario Oficial El Peruano el D.S. N°010-2005-PCM: Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes, donde se “establecen los niveles máximos de las intensidades de las radiaciones no ionizantes, cuya

presencia en el ambiente en su calidad de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana y el ambiente. Estos estándares se consideran primarios por estar destinados a la protección de la salud humana” (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2005, p. 1).

En el Apéndice D se observa el Decreto Supremo N° 010-2005-PCM donde en el artículo N°3 se muestra la tabla con los valores de Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes.

Resolución Ministerial N° 613-2004 MTC/03

El 19 de agosto de 2004 se publicó en el Diario Oficial El Peruano, la RM N° 613-2004-MTC/03: Aprueban Norma Técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones No Ionizantes, “la presente norma tiene por finalidad establecer los protocolos de medición de radiaciones no ionizantes a efectos de obtener una correcta cuantificación de los valores de emisión individual y emisiones múltiples, resultantes de la operación de los servicios de telecomunicaciones que utilizan espectro radioeléctrico” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2004, p. 2). Esta norma se puede observar en el Apéndice E.

Wireless Local Area Network (WLAN)

Se ha visto la evolución y el crecimiento de la red de área local inalámbrica (WLAN) en los últimos años, se ha convertido en una herramienta fundamental para mantener las comunicaciones por internet, especialmente en el hogar, universidades y centros de trabajo. Debido a las ventajas como: la instalación y mantenimiento fácil, rentabilidad, confiabilidad y movilidad al usuario en comparación con la red de área local cableada. Una red WLAN permite que dispositivos: impresoras, laptops, dispositivos móviles, servidores, entre otros, puedan comunicarse haciendo uso de ondas electromagnéticas sin necesidad de un tendido de cable entre ellos.

La red de área local inalámbrica se creó como la extensión inalámbrica de la LAN IEEE 802.3 que fue diseñada para redes de datos de alta gama. En la actualidad una red WLAN es popular por la denominación red “Wi-Fi” que significa “Wireless Fidelity”, este término fue creado por Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) actualmente conocida como Wi-Fi Alliance que es una organización encargada de certificar productos que cumplen con los estándares de calidad, rendimiento, seguridad, capacidad e interoperabilidad; la marca Wi-Fi se usa como denominación genérica para los equipos que integra cualquier estándar de la familia IEEE 802.11, que permiten la creación de una red WLAN (Horno & Javier, 2008).

Componentes de una red WLAN

Entre los elementos que conforman una red WLAN, encontramos:

Estaciones o terminales de usuario (clientes)

Compuesto por una tarjeta interfaz de red (NIC) que incluye un transceptor radio y una antena.

Puntos de Acceso (Access Point o APs)

Dispositivo que permite enviar la información de la red cableada hacia los NIC/Cliente. Los puntos de acceso traducen el tráfico de la red en señales de radio y transmiten esa señal a las computadoras habilitadas para la conexión inalámbrica. Cada punto de acceso (AP) tiene un rango limitado dentro del cual puede mantener una conexión inalámbrica, puede ser de hasta 90 metros en interiores.

Medio de transmisión

El aire es el conducto por el cual fluye la información entre los dispositivos informáticos y la infraestructura inalámbrica.

“Las señales de información inalámbrica viajan por el aire, pero tienen propiedades especiales que permiten la propagación a distancias relativamente largas. La calidad de la

transmisión, sin embargo, depende de las obstrucciones en el aire que disminuyen o dispersan la fuerza y el alcance de las señales” (Geier, 2005, p. 37).

En la Figura 4, se presenta los elementos básicos que conforman una red WLAN.

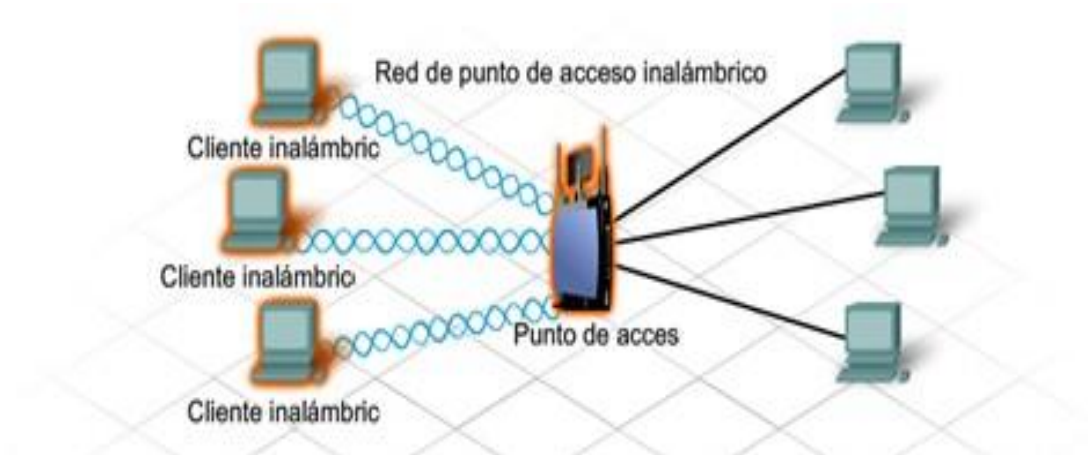


Figura 4. Componentes de una red WLAN.
Fuente: Cisco Networking Academy (s.f)

Arquitectura

El estándar IEEE 802.11 explica dos tipos de servicios:

Conjunto de servicios básicos (BSS)

La IEEE 802.11 lo define como “el componente básico de una LAN inalámbrica” (Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], 2016, p.184).

Representa un conjunto de estaciones inalámbricas (STA) independientes que están organizadas lógicamente para comunicarse entre sí y una estación base opcional conocida como punto de acceso (The Consultative Committee for Space Data Systems [CCSDS], 2017).

Existen dos tipos de BSS: un BSS independiente (IBSS) y un BSS de infraestructura

BSS independiente

Es solo un conjunto de estaciones inalámbricas que logran comunicarse entre sí, sin recurrir al servicio de retransmisión de mensajes proporcionado por el Access Point. A esta arquitectura se le denomina Red Ad Hoc, como se observa en la Figura 5 (CCSDS, 2017).

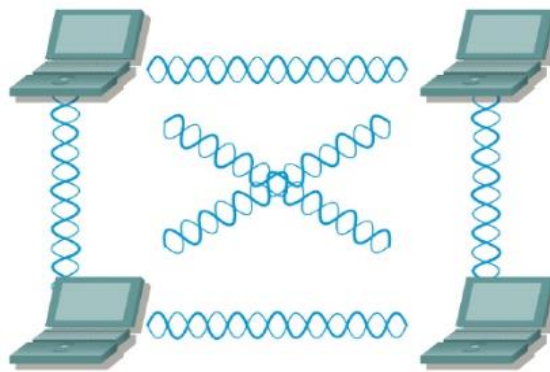


Figura 5. Red Ad Hoc.
Fuente: Cisco Systems (2003)

BSS de Infraestructura

En la BSS de infraestructura, las STA se comunican entre sí a través de un Access Point. Aquí, las STA envían todos sus paquetes al AP y este los retransmite a otras STA dentro del BSS. Además, el Access Point sirve como puente o portal para un sistema de distribución (DS) (normalmente cableado). En la Figura 6 se aprecia la red de infraestructura.

En esta infraestructura existe comunicación entre estaciones de BSS o fuera de la WLAN ya que usa el AP para enrutar paquetes a través del DS (CCSDS, 2017).

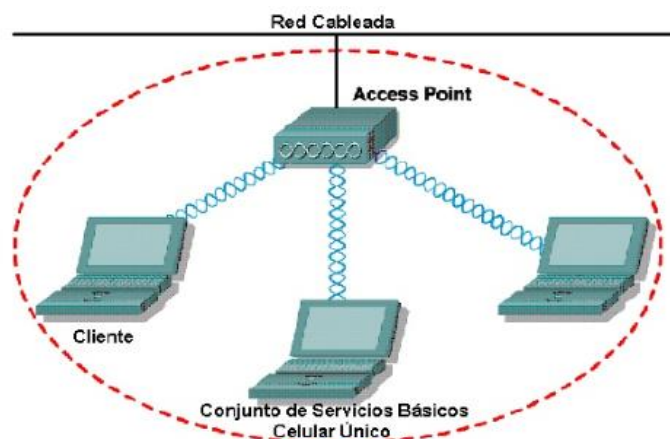


Figura 6. Red infraestructura.
Fuente: Cisco Systems (2003)

La red infraestructura es más eficaz que la red ad hoc, ya que gestiona y se encarga de llevar cada paquete a su destino con una mayor velocidad, además esta red es usada en la actualidad para lograr una conectividad inalámbrica más segura, rápida, escalable, y flexible.

Conjunto de servicios ampliado (ESS)

Es la unión de varios BSS de infraestructura, los AP se conectan a través de un sistema de distribución (DS) que viene a ser una LAN cableada, este sistema conecta los AP en los BSS, de esta manera se puede lograr una comunicación entre estaciones terminales de diferentes BSS, como se muestra en la Figura 7 (Forouzan, 2008).

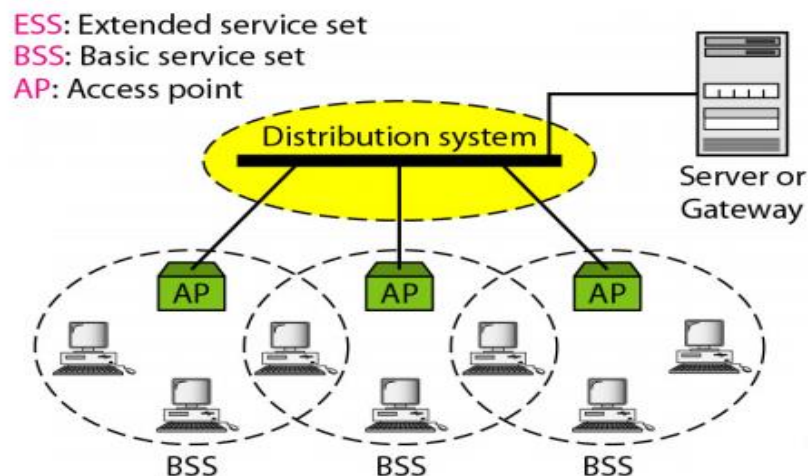


Figura 7. Componentes de una red WLAN.
Fuente: Forouzan (s.f)

Banda de 2.4GHz

Según la última revisión de la norma 802.11 que la IEEE realizó en el año 2012, expresa definiciones de la capa física para la banda industrial, científica y médica (ISM) de 2.4Ghz, también definen nuevas capas físicas en la banda de infraestructura de información (UNII) de 5Ghz y en la banda de 60 Ghz sin licencias. Esto quiere decir que el estándar 802.11 funciona en estas bandas de frecuencias no licenciadas. (IEEE, 2016, p.184)

En el Perú, está autorizado el uso de la banda ISM para telecomunicaciones con la condición de aceptar las interferencias perjudiciales de las aplicaciones industriales, científicas y médicas que trabajan en dicha banda. El MTC también indica que no podrán causar interferencia a estas aplicaciones (MTC, 2013).

El estándar 802.11 divide cada una de las bandas de frecuencia operativas en canales de diferentes maneras. En la banda de 2,4 GHz se divide en 14 canales con un ancho de banda de 22MHz cada canal, pero en el Perú sólo se utilizan el rango de canales del 1 al 11 por pertenecer a la Región 2 junto con Estados Unidos.

Los primeros 13 canales están espaciados cada 5 MHz, comenzando con el canal 1 a 2412 MHz y el canal 13 a 2472 MHz y el 14° canal se centra en 2484 MHz. La Figura 8 muestra el plan de canales para la banda de 2.4Ghz (IEEE, 2016).

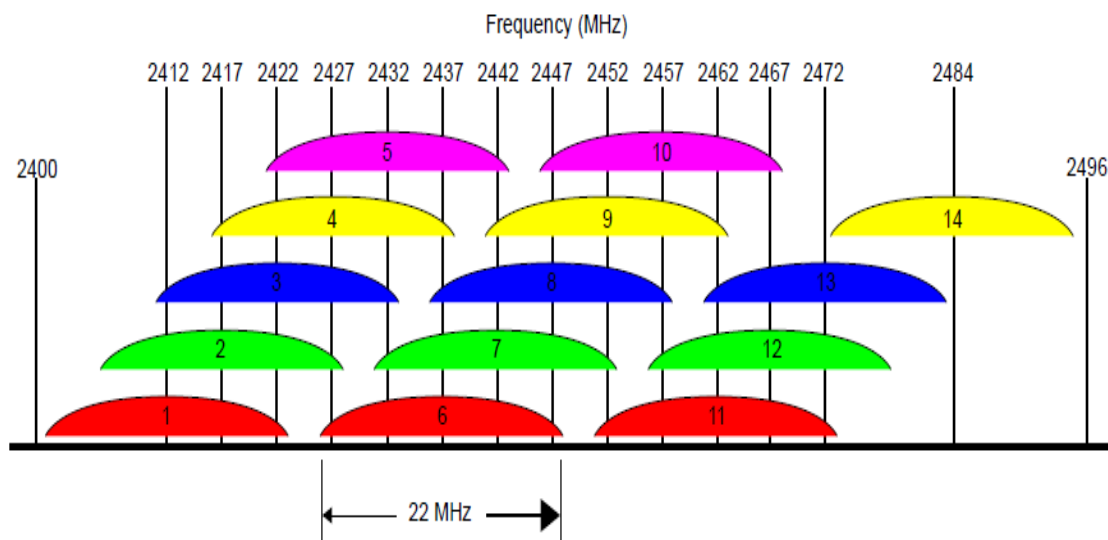


Figura 8. Asignación de canales IEEE 802.11 de la banda 2.4Ghz.
Fuente: CCSDS (2017)

Interferencia de Canal Común

Uno de los problemas en la banda de 2.4Ghz es que, al ser una banda sin licencia, los servicios de radiocomunicaciones que funcionan en estos canales de frecuencia deben convivir con las interferencias ocasionadas por aplicaciones que también hacen uso de esta banda, para minimizar estas interferencias co-canales se debe asignar APs que se traslapan en canales diferentes, en la banda de 2.4 Ghz se puede trabajar simultáneamente hasta con tres canales diferentes, para ello se debe usar canales no solapantes por ejemplo: el grupo de canales 1-6-11, 2-7-12 o el grupo de canales 3-8-13. Esta agrupación de canales que no se

traslapan colaboró para realizar con facilidad las mediciones de radiaciones no ionizantes que se explica en la metodología.

Evolución del estándar IEEE 802.11

Desde la publicación del primer estándar WLAN 802.11 en el año 1997, la IEEE ha mejorado continuamente en las características de los diferentes estándares de la familia 802.11, aumentando la velocidad de transmisión de datos con el uso de mejores técnicas de modulación y también haciendo uso de la banda 5 GHz.

En la Tabla 7 se muestra las características principales de cada estándar 802.11.

Tabla 2

Características principales de los estándares de la familia IEEE 802.11

Estándar	Fecha de edición	Banda Frecuencia	Ancho de banda	Velocidad de datos máxima (en teoría)	Modulación	Uso del espectro
Tradicional 802.11	1997	2.4 GHz	22 MHz	2 Mbps	FSK, PSK, BPSK	FHSS o DSSS
802.11 b	1999	2.4 GHz	22 MHz	11Mbps	BPSK y QPSK	HR-DSSS
802.11 a	1999	5 GHz	20 MHz	54 Mbps	PSK y QAM	OFDM
802.11 g	2003	2.4 GHz	22 MHz	54 Mbps	64 QAM	DSSS y OFDM
802.11 n	2009	2.4 GHz o 5GHz	20 , 40 MHz	450 Mbps	BPSK, QPSK, 16, 64QAM	OFDM
802.11 ac wave 1	2014	5 GHz	80 MHz	866,7 Mbps	256 QAM	OFDM
802.11 ac wave 2	2016	5 GHz	80, 160 MHz	1,73 Gbps	256 QAM	OFDM

Nota: Elaboración propia

Exposición a campos electromagnéticos de los sistemas Wi-Fi

Los dispositivos que interactúan más con el ser humano en una red WLAN son los access point y las computadoras portátiles a esto se le adiciona el uso masivo de los teléfonos móviles.

Según un estudio realizado por el Centro de investigación Pew, el teléfono celular fue el equipo inalámbrico más popular en los Estados Unidos con un 83%, seguido estuvo la computadora portátil con el 56% (Blegen, 2013).

Estamos expuestos a campos electromagnéticos de sistema Wi-Fi a diario, en ambientes como: colegios, hospitales, universidades, oficinas o lugares públicos; por la misma necesidad que tiene el ser humano de estar conectado al internet y por las ventajas que brinda, a medida que aumenta los sistemas Wi-Fi se incrementa también la exposición del ser humano a los campos electromagnéticos de RF.

Por ello, es importante que cada país sea responsable de dar las condiciones de operación y velar que los equipos que se usan para brindar servicios de telecomunicaciones cumplan con los requerimientos mínimos. Según la Resolución Ministerial N° 199-2013-MTC/03 que modifica “Condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 915-928 MHz, 916-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz, 5470-5725 MHz y 5725-5850 MHz”, indica los parámetros máximos que se debe tener en cuenta en la instalación de equipos que trabajan en estos rangos de frecuencia. Para los equipos que trabajan en el rango de frecuencia de 2400-2483,5 MHz deben tener una PIRE máxima de 4W o 36dBm con una ganancia máxima de 9dbi.

En la Tabla 8, se presenta los parámetros máximos según la banda de frecuencia.

Tabla 3

Parámetros máximos a tener en cuenta para la instalación de equipos.

Banda de frecuencias (MHz)	Potencia de salida del transmisor			Ganancia máxima de la antena (dbi)	PIRE máxima (dBm)
	(W)	(mW)	(dBm)		
916-928	1	1000	30	6	36
2400-2483,5	0,5	500	27	9	36
5725-5850	0,25	250	24	12	36
5250-5350	0,25	250	24	6	30
5470-5725	0,125	125	21	9	30

Nota. Tomada de Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

Según los estudios revisados llevados a cabo en laboratorios especializados que disponían de cámaras anecoicas, evaluaron el patrón de radiación de los access point y las computadoras portátiles, detallaron que dicho patrón es muy irregular debido al estado de transmisión de datos que se encontraba el dispositivo, es decir, el patrón de radiación variaba cuando el dispositivo iniciaba una transferencia de datos o cuando dejaba de transmitir. También, observaron que las distribuciones angulares de la intensidad de campo eléctrico en estos dispositivos no eran uniformes (Federal Office of Public Health [FOPH], 2016; Peyman et al., 2011)

Mecanismo de acoplamiento entre los campos electromagnéticos del sistema Wi-Fi y el cuerpo humano

La exposición a los campos electromagnéticos de RF puede producir una absorción de energía y causar el calentamiento de los tejidos aumentando la temperatura corporal, este fenómeno se conoce como efecto térmico. “A frecuencias superiores a 10MHz el primer efecto aprobado científicamente que se produce es el calentamiento del tejido” (Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT], 2015).

Con respecto a la absorción de energía por el cuerpo humano, los campos electromagnéticos en las frecuencias por encima de los 300MHz a varios GHz tienen una distribución no uniforme de la energía con una absorción significativamente local (ICNIRP, 1998).

La unidad de medida de la absorción de energía es la tasa de absorción específica (SAR), nos da una medida de los campos internos que podrían afectar el sistema biológico y se mide en W/Kg, está definido por la ecuación:

$$SAR = C_e \Delta T / \Delta t$$

Donde: C_e es la capacidad de calor del tejido corporal en J/kg°C, $\Delta T / \Delta t$ es el tiempo derivado de la temperatura en el tejido corporal en °C/s (Cruz, 2014).

Como el SAR es complejo de ser evaluado porque necesita de un laboratorio especializado y el uso de un fantoma dentro de una cámara anecoica, se opta por medir la intensidad de campo eléctrico para poder evaluar el nivel de radiación no ionizante de campos electromagnéticos de RF con respecto a los niveles de referencia de ICNIRP.

La evaluación de los valores SAR han sido estudiados por varios autores, fueron evaluadas las computadoras portátiles, la mayoría de estos dispositivos tienen antenas integradas ubicadas alrededor y a lo largo del borde superior de la pantalla, que están por lo tanto a una mayor distancia del cuerpo en comparación con un teléfono móvil que está cerca de la cabeza.

Con una potencia radiada continua de 100 mW, Findlay y Dimbylow (2010) calcularon un máximo de 5.7mW/kg de SAR promedio en 10g de tejido, la evaluación fue a nivel de la cabeza. Resultados que están por debajo de los niveles máximos.

Cuando los dispositivos Wi-Fi pueden transmitir continuamente con sus antenas muy cerca del cuerpo, los valores SAR pueden ser más altos que en el escenario descrito anteriormente. Por ejemplo, (Kuhn, Lott, Kramer & Kuster, 2007) midió un SAR de

0.81W/kg con respecto a las antenas de un punto de acceso Wi-Fi en las proximidades y (Schmid, Lager, Preiner, Uberbacher & Cecil, 2007) midieron un SAR de 0.05 W/kg bajo condiciones similares a una computadora portátil.

En un estudio realizado por Federal Office of Public Health (FOPH, 2016) donde midieron el SAR de varios puntos de acceso, encontraron valores diferentes de acuerdo al estándar con el que trabaja cada access point; para 802.11a con una tasa de datos de 30 Mbps obtuvieron 0.54W/Kg, para 802.11b con una tasa de datos de 6 Mbps resulto un SAR de 0.73 W/Kg y para 802.11g con 26Mbps encontraron un valor SAR de 0.27 W/Kg. Los valores de SAR de todos los dispositivos medidos están por debajo del nivel máximo ICNIRP que es de 2 W/Kg.

Capítulo 3

Metodología

Protocolo de medición para los sistemas Wi-Fi

Prospección técnica en las diez facultades donde se realizarán las mediciones

Antes de comenzar con las mediciones en cada facultad, se procedió a realizar una prospección técnica de las redes de Wi-Fi en las facultades de la Universidad, según lo indica la Resolución Ministerial N° 613-2004 MTC/03 donde “Aprueban norma técnica sobre Protocolo de Medición de Radiaciones No Ionizantes”, de esta manera se pudo decidir en qué facultades se iban a realizar las mediciones, la Universidad cuenta con veinte facultades de las cuales solo para este estudio se tomó una muestra de diez facultades. Esto fue resultado de la prospección que comprendió de un examen de los ambientes de emisión electromagnética.

Las facultades que fueron elegidas son:

1. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
2. Facultad de Odontología.
3. Facultad de Ciencias Administrativas.
4. Facultad de Ingeniería Geológica, Minas, Metalurgia y Geográfica.
5. Facultad de Ingeniería Industrial.
6. Facultad de Ciencias Biológicas.
7. Facultad de Psicología.
8. Facultad de Letras y humanidades.
9. Facultad de Ingeniería de Sistemas.
10. Facultad de Educación.

A estas diez facultades se adicionó el aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”, en este caso se consideró una evaluación especial ya que el ambiente cuenta con 50

computadoras portátiles y un access point en su interior, como ese ambiente es usado diariamente por los alumnos es idóneo para evaluar los niveles de radiaciones no ionizantes emitido por el acces point y las computadoras portátiles cuando están funcionando de manera simultánea.

Esta prospección técnica ayudo a evaluar las características del entorno físico y de los access point.

Prospección técnica del entorno físico

Se identificó y registró:

- ✓ Ubicación
- ✓ Características del entorno del acces point en evaluación.
- ✓ Zonas accesibles para el público en general, próximas al centro emisor.

Características técnicas del acces point del sistema Wi-Fi por evaluar

Modelo de acces point, dimensiones, potencia de transmisión, estándar con el que trabaja, la ganancia de la antena, tipo de antena y la frecuencia de operación.

Determinación de la región de campo electromagnético

Para la definición de la región de campo electromagnético de la antena, se consideró los conceptos de campo cercano y campo lejano revisados en la Norma UIT-K.61.

Primero: Se Determinó la dimensión máxima (D) de la antena, esto se obtiene de la hoja de especificaciones de cada access point.

Segundo: Se encontró la longitud de onda (λ), teniendo en cuenta que solo se evaluó las radiaciones no ionizantes del sistema Wi-Fi en la banda de 2.4 GHz, ya que es la banda con la que la Universidad opera en la totalidad de sus redes WLAN, esto se observó al realizar la prospección.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.4 \times 10^9 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 12.5 \text{ cm}$$

Tercero: Teniendo de datos la dimensión máxima y la longitud de la onda de la antena calculamos la distancia límite de las regiones entre el campo cercano y lejano, que está definida por:

$$r = \frac{2D^2}{\lambda}$$

Donde: r es la distancia de separación entre las regiones de campo cercano y lejano de la antena y D es la dimensión mayor de la antena.

La dimensión máxima de la antena va a depender de la marca del access point que usa cada ambiente a ser medido, de la prospección técnica realizada se encontró el uso de las marcas: Cisco, Ubiquiti y D-Link, de las cuales las antenas tienen una dimensión en el rango de 170 a 294 mm, varía de acuerdo al modelo de cada access point. Se consideró 294mm como la dimensión máxima de todos los access point, por ende, se aplicó la definición dada por la Norma UIT K.61 en la cual indica que, si se tiene un D mayor que la longitud de onda el límite de la distancia entre el campo lejano y cercano, está dada por:

$$r = \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$r = \frac{2 \times 294 \text{ mm}^2}{12.5 \text{ mm}}$$

$$r = 138.2 \text{ cm}$$

$$r = 1.382 \text{ m}$$

Se reemplazó los datos y se obtuvo el valor de la distancia limite que es de 1.382m considerando la dimensión máxima de 294mm de los access point revisados.

Esto quiere decir que a partir de 1.382m se consideró una región de campo electromagnético lejano donde la antena pudo ser evaluada, en la Figura 9, se puede apreciar mejor la distribución de los campos electromagnéticos.

No se puede medir a menor a esta distancia porque la exposición de la radiación emitida por los access point hacia las personas es a una distancia considerable ya que los alumnos y profesores hacen uso de la conexión de la red Wi-Fi a más de un metro de distancia de los access point, y se consideró también que las ubicaciones de estos están a una cierta altura en los ambientes.

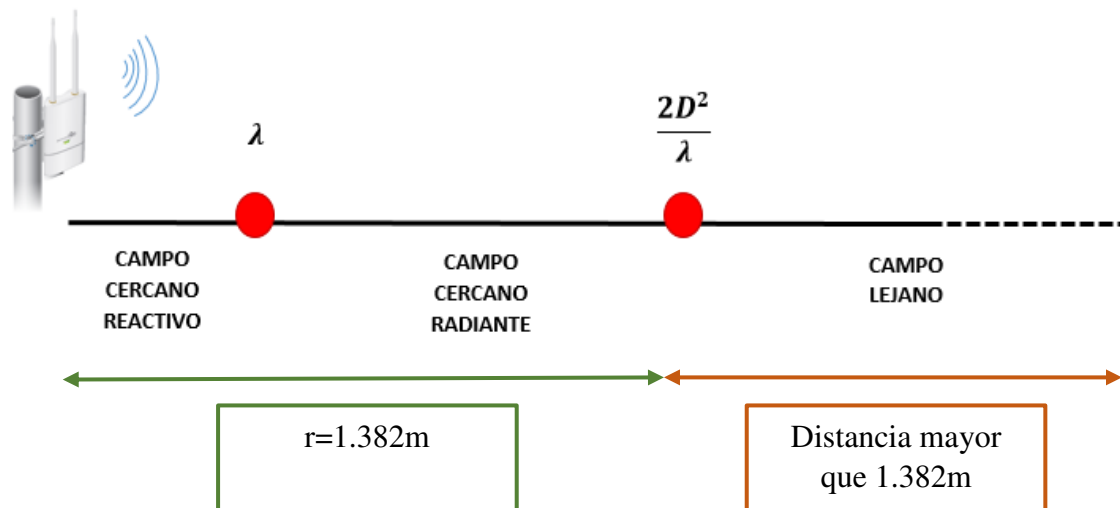


Figura 9. Distribución de los campos electromagnéticos para la medición de los access point.
Fuente: Elaboración propia.

Definición de los puntos de medición

Se definió los puntos de medición en ambientes interiores y exteriores debido a que los access point estaban ubicados en ambos espacios, esto se observó gracias a la prospección realizada.

Para los ambientes interiores

En los ambientes interiores se encontró que los access point estaban ubicados en salones, auditorios, oficinas y laboratorios. Para definir los puntos de medición se tuvo en cuenta el estudio analizado de Industry Canada “Case Study: Measurements of Radio

Frequency Exposure from Wi-Fi Devices” que tienen como base las “Guidelines for the Measurement of Radio Frequency Fields at Frequencies from 3 kHz to 300 GHz” y los “Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz - Safety Code 6 (SC6)” publicado por Health Canada.

En este caso de estudio (Industry Canada, 2012), consideran las ubicaciones de los puntos de medición dividiendo el ambiente en cuadrículas. Para la presente tesis, se consideró un área de 16 m² para cada cuadrícula. Los puntos de medición se ubicaron en el centro de cada cuadrícula de esta manera se pudo abarcar los lugares donde el público en general podría estar expuesto al campo electromagnético de la red Wi-Fi emitidos por el access point.

Para los ambientes exteriores

En los ambientes exteriores se encontró que los access point estaban ubicados en pasadizos, patios y escaleras. Para definir los puntos de medición se tuvo en cuenta la Resolución Ministerial N° 613-2004 MTC/03 donde se aprueba “Aprueban norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes” define las distancias para ambientes externos, considerando 2, 10 y 20m en dirección horizontal de la antena emisora siempre que los puntos de medición a estas distancias sean accesibles, en el caso de no serlo, se efectuará la medición de un punto alternativo considerando las ubicaciones donde el público en general se encuentre la mayor parte del tiempo conectados a la red Wi-Fi.

Todos los puntos de medición quedaron definidos sobre el terreno que permitió la identificación correcta de los puntos.

Para ambos ambientes, se consideró las coordenadas geográficas, haciendo uso del GPS.

Selección del instrumento de medición

Una vez definido la región de campo electromagnético, la banda de frecuencia que se evaluará, las características de los access point y los puntos de medición definidos; se procedió a la elección del instrumento que ayudó a realizar la evaluación en el campo lejano de los sistemas Wi-Fi.

Se tuvo en consideración las características en que se basa el estándar IEEE C95.3 “Recommended practice for measurements and computations of radio frequency electromagnetic fields with respect to human exposure to such fields, 100KHz–300 GHz” y la Resolución Ministerial N° 613-2004 MTC/03 “Aprueban norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes”, rescatando los parámetros que son necesarios a considerar para la selección del instrumento de medición de radiaciones no ionizantes que se usó en este estudio, siendo las siguientes características:

Características de rendimiento eléctrico

Fuente de alimentación

El instrumento debe emplear una fuente de alimentación autónoma, debe funcionar con batería, siendo fácilmente reemplazable o recargable. El instrumento debe ser capaz de al menos ocho horas de operación antes de que sea necesario reemplazar o recargar la batería.

Rango de frecuencia

Medición en banda ancha

Es necesario que el instrumento opere en el rango de las bandas de frecuencia de los servicios de telecomunicaciones como: las bandas de comunicaciones móviles y la banda de radiodifusión, de esa manera se podrá contrastar con las mediciones de la banda selectiva y concluir cuanto es el porcentaje de radiación con respecto a la medición en banda ancha en base a los límites máximos permisibles.

Medición en banda selectiva

Después de la prospección técnica se concluyó que la banda de frecuencia que usa la red Wi-Fi en las diez facultades elegidas es la banda de 2.4GHz. Para ello se requiere un equipo selectivo que tenga la función de medir en una frecuencia específica.

Polarización

La antena o la sonda de medición del instrumento debe responder a todos los componentes de polarización del campo EM. Este rendimiento puede lograrse si el instrumento tiene una sonda con múltiples dipolos.

Cantidades y unidades

Las mediciones se realizarán en la región de campo lejano donde solo es necesario ejecutar la evaluación ya sea en campo eléctrico o magnético debido a que estas ondas electromagnéticas son perpendiculares, por ello este estudio evaluará solo la intensidad de campo eléctrico en unidades de voltios por metro (V/m) y en cociente de exposición (%), que es el porcentaje del valor medido con respecto a los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 1998.

Rango dinámico

Para las sondas de respuesta de frecuencia plana, el rango dinámico mínimo recomendado del instrumento es 10 dB por debajo del valor más bajo y 5 dB por encima del valor más alto del error máximo permitido.

Blindaje

La carcasa del instrumento y los cables de antena deben tener protección para reducir o eliminar la interferencia electromagnética y garantizar que la incertidumbre de medición permanezca dentro de los límites establecidos cuando el instrumento o los cables estén expuestos a la misma intensidad de campo que la sonda.

Promediación Temporal

Debe tener la función de promediación temporal, que es una promediación en tiempo real de las intensidades de campo eléctrico en un tiempo promedio de 6min, según la norma ICNIRP 1998.

Promediación Espacial

El equipo debe contar con la promediación espacial, que es la promediación en el punto con mayor intensidad de campo eléctrico de la promediación temporal, se mide a diferentes alturas (1.1m, 1.5m y 1.7m) con respecto al suelo.

Para ambos tipos de promediación, el instrumento debe tener la función de registro de datos que proporcione un valor mínimo, máximo, promedio, máximo promedio, de la cantidad de intensidad de campo eléctrico y del cociente de exposición.

Consideraciones de precisión y exactitud

El instrumento debe contar con su certificación de calibración operativa que permitan al usuario evaluar la incertidumbre máxima en la determinación de la intensidad del campo de RF cuando se utiliza el instrumento en varios tipos de campos de diferentes frecuencias. El valor de la incertidumbre absoluta de la intensidad de campo colabora con la exactitud de la medición, la incertidumbre de no más de ± 1 dB son deseables pero difíciles de lograr. Las incertidumbres de ± 2 dB o incluso mayores son aceptables.

Características físicas deseables

Portabilidad

El instrumento debe ser portátil para permitir una operación conveniente en condiciones restrictivas.

Peso

El peso del equipo debe mantenerse tan bajo como sea posible para la facilidad en su traslado.

Durabilidad

La instrumentación debe ser lo suficientemente resistente en caso de vibraciones y golpes resultantes del transporte y la manipulación en condiciones difíciles. Es necesario que el equipo cuente con un maletín de transporte.

Legibilidad

La instrumentación debe proporcionar una indicación clara de las unidades de intensidad de campo eléctrico que se muestran.

Facilidad de ajuste

El instrumento debe tener un número mínimo de controles. Deben estar claramente etiquetados en cuanto a sus funciones.

Facilidad de uso

Se deben evitar los procedimientos operativos complicados. La información proporcionada en el manual de instrucciones debería ser suficiente para realizar mediciones precisas.

Revisando todas las características y evaluando un instrumento que las cumpla, se eligió el equipo medidor selectivo de radiación NARDA SRM-3006, cumple con las características recomendables de rendimiento eléctrico y físicas, también combina las características de un equipo medidor de banda ancha y un equipo medidor de banda angosta. Este equipo, muestra resultados en unidades de voltios por metro (V/m) y en cociente de exposición (%), tiene la función de un analizador de espectro y tiene una sonda que opera en el rango de frecuencia de 27MHz a 3GHz, lo cual facilitó las mediciones ya que integra las

bandas de frecuencias de comunicaciones móviles y radiodifusión como también la banda de 2.4GHz.

Las características destacadas se muestran en la Tabla 9, la especificación completa de la sonda isotrópica y del equipo lo observamos en el Apéndice F.

Tabla 4

Características principales del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006

Fabricante	Narda Safety Test Solutions GmbH, Pfullingen, Germany
Medidor	SRM-3006
Sonda	3-axis electric field probe de 27MHz a 3GHz
Cable	1.5 m
Certificado de calibración	Válido hasta Octubre de 2018
Fuente de alimentación	12V DC/2.5A (duración de 2.5 horas)
Rango de frecuencia	9 KHz a 6 GHz
Polarización	Se usará una sonda isotrópica
Unidades de Medición	dBV/m dBmV/m dBA/m dBμV/m dBV/m, dBmV/m, dBμV/m, dBA/m V/m*, A/m*, W/m ² *, mW/cm ² *, %* (of the standard)*
Rango dinámico	0.25 mV/m – 200 V/m
Peso	2.8Kg (incluida la batería)
Dimensiones	297 x 213 x 77mm
Rango de temperatura	-10° a +50°C
Tiempo de operación de la batería	3 h +/- 15 min

Nota: Elaboración propia

Método de medición

Se realizó una Medición Selectiva (RM N°613-2004 MTC/03, 2004).

Procedimiento

Evaluación de la conectividad de las redes Wi-Fi

En esta evaluación se usó del software Acrylic Wi-Fi Professional donde se analizó las redes Wi-Fi que existían en cada ambiente, se registraron los siguientes datos: nombre de la red Wi-Fi (SSID), la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia, el tipo de estándar 802.11 y la marca del access point.

Para ello, se usó una laptop con el software Acrylic Wi-Fi Professional instalado y se evaluó todas las redes de Wi-Fi, la distancia entre la laptop y el access point era de unos 2m.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Con el uso del analizador de espectro del equipo medidor selectivo SRM-3006 se evaluó y se verificó el canal de frecuencia de cada access point.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Con el uso del software Lan Traffic V2, se generó tráfico en la red de Wi-Fi, este software tiene la función de controlar el tráfico entre el access point y las laptops, de esta manera se logró saturar la red y realizar las mediciones en el peor de los escenarios. Este software simuló 16 conexiones entre el equipo de transmisión y recepción en la red Wi-Fi a evaluar.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos varían en cada ambiente.

Para ambientes interiores

Se dividió cada ambiente en cuadrículas con un área de 16m^2 , los puntos de medición se ubicaron al centro de cada cuadrícula abarcando así todo el ambiente y las zonas donde las personas están expuestas a la radiación del access point.

Para ambientes exteriores

Los puntos de medición se ubicaron a distancias de 2m, 10m y 20m con vista directa al access point, en el caso de que estas distancias no eran accesibles se procedió a ubicar puntos alternativos donde las personas se posicionaban para estar conectados a la red Wi-Fi.

Para ambos ambientes, la sonda isotrópica del equipo estaba a una altura de 2m respecto al suelo, para ello, se usó el trípode.

Evaluación de las RNI con promediación temporal

Se procedió con la instalación del equipo SRM-3006 en el punto de medición, se instaló la sonda isotrópica de rango 27 MHz a 3 GHz con su respectivo trípode no conductivo para evitar cualquier interacción con el cuerpo humano.

Seguidamente se configuró el equipo para realizar la medición en banda ancha con la tabla de servicios proporcionado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones que usa para Lima y Callao, en esta tabla encontramos los rangos de frecuencias de comunicaciones móviles y del servicio de radiodifusión. En el Apéndice G se observa la tabla de servicios usada para la medición en banda ancha.

Una vez culminada la medición en banda ancha, se procedió con la medición en banda selectiva, en la banda de 2.4GHz, se configuró en el equipo el canal de frecuencia con el que trabaja cada access point.

Para ambas mediciones se realizó una promediación temporal, en un tiempo de 6min para cada punto de medición en los ambientes.

Evaluación de las RNI con promediación espacial

Teniendo los valores de la medición temporal en cada ambiente, se identificó la ubicación del mayor valor de intensidad de campo eléctrico en la banda 2.4 GHz; después se procedió a realizar la promediación espacial en ese punto, donde se estableció una línea vertical con tres puntos de medición a 1.1m, 1.5m y 1.7m de altura desde el nivel del suelo.

Para cada medición en promediación temporal y espacial se registró los valores de intensidad de campo eléctrico voltios por metro (V/m) y el cociente de exposición en porcentaje (%), también se registró la fecha, hora de inicio y finalización, la ubicación de cada punto de medición en coordenadas y un registro fotográfico de los ambientes evaluados.

Análisis de datos

Concluida las mediciones en las diez facultades, se procedió con el análisis de datos, antes se verificó si no existía valores medidos atípicos, si en caso existía se procedía a una segunda medición en ese punto, si después de ello tenía el mismo valor se consideraba como un caso especial para ser analizado independientemente de acuerdo a los diversos factores que alteraban la medición.

Se realizó un análisis estadístico con los valores obtenidos de las mediciones, para este análisis se usó el programa estadístico SPSS, se analizó la media, la desviación y la correlación entre la distancia y la intensidad de campo eléctrico.

Se contrastó los valores medidos con los antecedentes analizados, también se llevó a cabo una comparación de los resultados de la intensidad de campo eléctrico producido por las bandas de comunicaciones móviles y del servicio de radiodifusión con los valores encontrados de la radiación emitida por los access point en la banda de 2.4GHz. De esta manera, concluir cuanto es el porcentaje de radiación de la red Wi-Fi con respecto a los servicios de telecomunicaciones mencionados.

Protocolo de medición para computadoras portátiles

Construcción del sistema de posicionamiento manual

Para realizar las mediciones de las computadoras portátiles se hizo uso de un sistema de posicionamiento manual donde estaba ubicado los dispositivos a medir, de esta manera se pudo hacer la variación de los ángulos de acimut y elevación para lograr medir la intensidad de campo eléctrico alrededor de la computadora portátil, observando en qué posición de la

laptop con respecto a sus ángulos, es donde existía un mayor valor de campo eléctrico. Para ello se procedió primero con la construcción del sistema de posicionamiento manual.

Este módulo de posicionamiento manual consiste en una base que soporta un plato giratorio que permite la variación del ángulo de azimut sobre el que está montada una estructura tipo cuna que ayudó en la variación del ángulo de elevación; este sistema está elaborado en base a polimetilmetacrilato, más conocido como acrílico, este material es resistente a la intemperie y es un excelente aislante térmico y acústico, por lo que respecta a los tornillos que sirven como sujetador para la ubicación de la laptop en cada ángulo; están elaborados con el material polietileno tereftalato (PET) que es un tipo de plástico. Estos materiales que se usaron para la fabricación de este sistema son materiales no conductivos por lo cual es ideal para las mediciones de radiaciones no ionizantes de las computadoras portátiles, ya que no provoca ninguna interferencia en la medición. En la Figura 10 se muestra la estructura del módulo de posicionamiento manual. En el Apéndice K, se observa el costo de la fabricación del módulo acrílico.

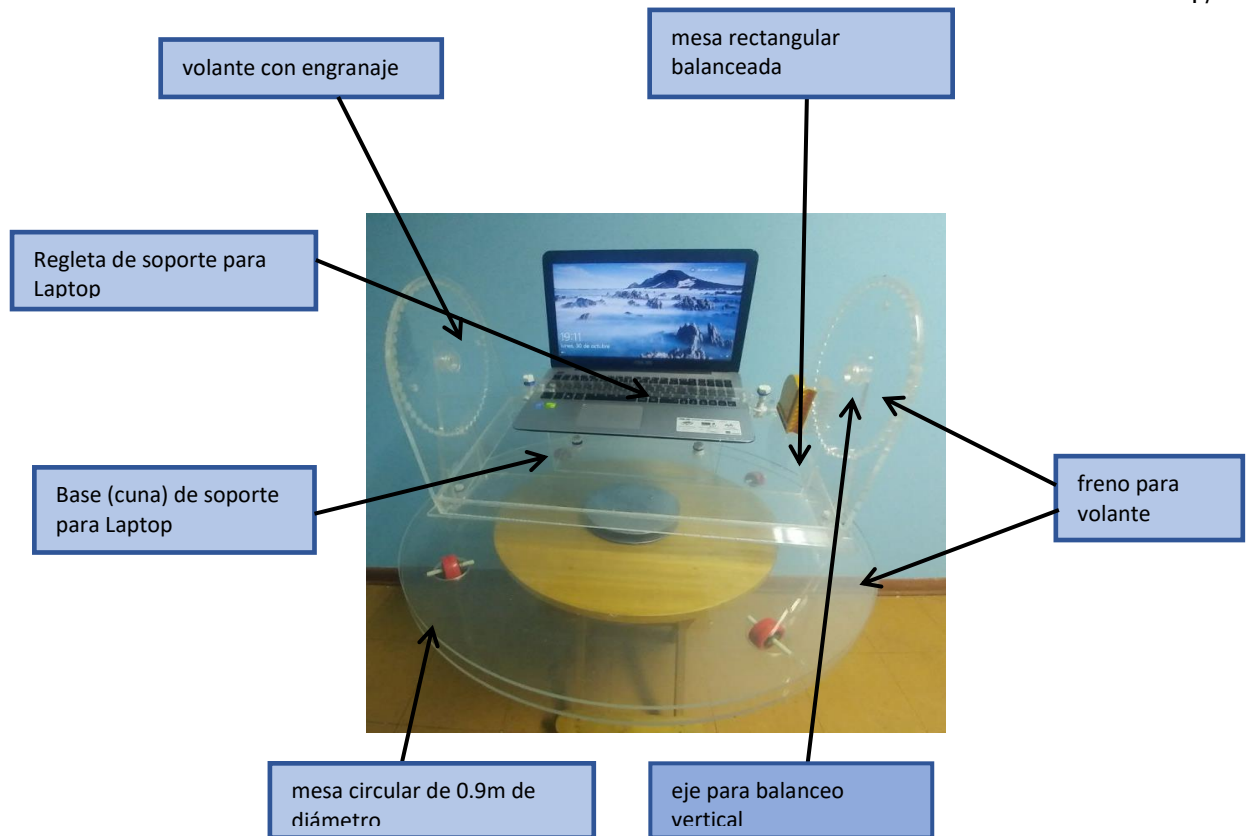


Figura 10. Estructura del módulo de posicionamiento manual.

Fuente: Elaboración propia.

Prospección técnica del entorno físico donde se realizarán las mediciones

Antes de comenzar con las mediciones de las computadoras portátiles, se procedió a realizar una prospección técnica del entorno físico del ambiente donde estaba ubicado el sistema de posicionamiento manual. Se observó si no había fuentes cercanas de campo electromagnético que estuvieran en el interior del ambiente o en el exterior que pudiesen interferir con las mediciones. Si se encontraba alguna fuente se procedía a su apagado, para que los valores medidos sean solo de la intensidad de campo eléctrico emitido por las laptops.

El ambiente debe estar cerrado y solo la persona quien opera el equipo se encontraba en el interior.

Se identificó y registró:

- ✓ Ubicación.
- ✓ Características de la fuente externas o internas del entorno.

Prospección técnica de las computadoras portátiles y el access point

Se evaluó con cuantas y que marcas de computadoras portátiles contaba la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica. Se observó, lo siguiente:

Características técnicas de las computadoras portátiles a evaluar

Se identificó: marca, modelo, estándar Wi-Fi, dimensiones y banda de frecuencia de Wi-Fi de operación.

Para realizar las mediciones, las computadoras portátiles estaban conectadas a una red Wi-Fi, para ello estuvieron en conexión con un access point cercano, pero, para evitar que al momento de la medición el valor de intensidad de campo eléctrico emitido por el access point se ha considerado por el equipo de medición, se ubicó el access point a unos 10m de distancia con respecto al sistema de posicionamiento manual donde estaba ubicado la computadora portátil. De esta manera las mediciones solo fueron con respecto a la radiación emitida por las laptops.

Selección del instrumento de medición

Después de la prospectiva de los dispositivos se identificó la banda de frecuencia de Wi-Fi con el que trabajan, entonces se procedió a la selección del instrumento que ayudó a realizar las mediciones de intensidad de campo eléctrico producido por las computadoras portátiles.

Se consideró las características en que se basa el estándar IEEE C95.3 “Recommended practice for measurements and computations of radio frequency electromagnetic fields with respect to human exposure to such fields, 100KHz–300 GHz” y la Resolución Ministerial N° 613-2004 MTC/03 “Aprueban norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes”, se rescató los parámetros que son necesarios a considerar para la selección del instrumento de medición de radiaciones no ionizantes que se usó en este estudio, siendo las mismas características que se consideró para el protocolo de medición de los access point.

Para estas mediciones se usó el equipo medidor selectivo de radiación NARDA SRM-3006, este instrumento cumple con las características de rendimiento eléctrico y físicas, también muestra resultados en unidades de voltios por metro (V/m) y en cociente de exposición (%), tiene una sonda que opera en el rango de frecuencia de 27MHz a 3GHz, que integra la banda de frecuencia de Wi-Fi de 2.4GHz.

Procedimiento

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Con el software Acrylic Wi-Fi se observó cuál era la red Wi-Fi que estaba próxima al ambiente donde se realizó la medición. Después se procedió con la conexión de la computadora portátil a la red Wi-Fi cercana. Seguidamente se revisó el canal de frecuencia con el que trabaja la laptop para poder configurar el equipo medidor selectivo SRM-3006.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Se ubicó la computadora portátil en el sistema de posicionamiento manual y se comenzó a generar tráfico en la red Wi-Fi con el software Lan Traffic V2 de esta manera se logró saturar la red y realizar las mediciones en el peor de los escenarios. Este software simuló 16 conexiones entre la computadora portátil y el access point.

Definición de los ángulos de azimuth y elevación

Las computadoras portátiles estaban ubicadas en el sistema de posicionamiento manual donde se varió los ángulos de azimuth y elevación. Para la medición de la intensidad de campo eléctrico se hizo una combinación de varios ángulos de azimuth (ϕ) y elevación (θ) cubriendo las posiciones de $0^\circ < \phi < 360^\circ$ y $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ en pasos de 30° , de esta manera se logró cubrir toda la superficie esférica que rodea a las laptops. (Peyman et al., 2011)

Primero, se posicionó las computadoras portátiles en 0° grados de azimuth para luego variar los ángulos de elevación que irán de $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ en pasos de 30° .

Después, se posicionó en 0° grados de elevación y se varió los ángulos de azimut de $0^\circ < \varnothing < 360^\circ$ en pasos de 30° .

Se realizó mediciones en intensidad de campo eléctrico (V/m) y en cociente de exposición (%) para cada combinación de ángulos.

Evaluación de las RNI con promediación temporal

Se procedió con la instalación del equipo SRM-3006 en el interior del ambiente donde estaba ubicado el sistema de posicionamiento manual, se instaló la sonda isotrópica de rango 27 MHz a 3 GHz con su respectivo trípode no conductivo para evitar cualquier interacción con el cuerpo humano, esta sonda estuvo ubicado a una distancia de 30cm de la computadora portátil y a una altura de 1.30m.

Seguidamente se configuró el equipo para realizar la medición en banda selectiva en la banda de 2.4GHz y en el canal de frecuencia que trabaja cada computadora portátil. El tiempo de medición fue de 6min en promediación temporal, según las recomendaciones ICNIRP 98.

Análisis de datos

Cuando se finalizó las mediciones de todas las computadoras portátiles, se procedió con el análisis de datos, antes se verificó si no existía valores medidos atípicos, si en caso existía se procedía a una segunda medición en esa combinación de ángulos, si después de ello tenía el mismo valor se consideraba como un caso especial para ser analizado independientemente de acuerdo a los diversos factores que alteraban la medición. Se realizó un análisis y se identificó las direcciones angulares donde las intensidades de campo eléctrico estaban al máximo. Finalmente, se hizo un contraste con los antecedentes revisados.

Capítulo 4

Resultados y análisis

Como resultado final de la medición de radiaciones no ionizantes producidos por las redes Wi-Fi en las diez facultades visitadas, se pudo notar que los access point instalados operan en la banda de frecuencia de 2.4GHz y trabajan con distintas variedades de marcas.

Para realizar la evaluación de campos electromagnéticos se ejecutó el protocolo de medición planteado, se comenzó identificando el canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, usando el software acrylic Wi-Fi y se comprobó dicho canal con el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006. Después se generó tráfico en la red con el software Lan Trafficc V2, de esta manera se realizó las mediciones en un escenario real con 16 conexiones de manera simultánea.

Las mediciones se llevaron a cabo en ambientes interiores y exteriores, donde la definición de puntos de medición fueron diferentes; se midió cada 2m, 10m y 20m en el eje horizontal con línea de vista directa al access point para ambientes exteriores. Y para ambientes interiores se realizó el método de cuadrículas con un área de $16m^2$, siendo el centro de cada cuadrícula el lugar indicado para efectuar la medición. Para un mayor detalle en el desarrollo del procedimiento se presenta en el Apéndice A todos los pasos que se ejecutó para las mediciones en cada Facultad.

Finalmente, se realizó dos tipos de medición de radiaciones no ionizantes usando el equipo medidor selectivo Narda SRM-3006. La primera medición fue en promediación temporal en banda ancha que consistía en utilizar todo el rango de frecuencia de la sonda isotrópica 3501/03 M-0206, teniendo un ancho de banda de 27MHz a 3GHz. La segunda medición fue en banda angosta la cual consistía en analizar solamente en la banda de 2.4Ghz, después se identificó el punto con el mayor valor y se procedió a realizar la evaluación en

promediación espacial en dicho punto, los valores medidos están en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y en cociente de exposición (%).

Como parte final del presente trabajo de tesis se llevó a cabo las mediciones de las computadoras portátiles para ello se usó el módulo fabricado de nombre “posicionador angular”, estas mediciones se realizaron en cinco computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica. Se comenzó analizando el canal de frecuencia del access point que estaba en conexión con la laptop de análisis; este access point estaba ubicado a unos 10m del ambiente donde se encontraba la laptop con el módulo para evitar algún incremento de intensidad de campo eléctrico cuando se ejecutó las mediciones. Después se comprobó el canal de frecuencia con el analizador de espectro del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006. Seguidamente se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic para saturar la red Wi-Fi y realizar las mediciones en un escenario real. La sonda isotrópica del equipo Narda se ubicó a una altura de 1.30 m con ayuda del trípode y a una distancia de 30cm de la computadora portátil que estaba ubicada en el centro del módulo. Con dicho módulo se varió los ángulos de azimut y de elevación.

Primero, se posicionó las computadoras portátiles en 0° grados de azimut y luego se varió los ángulos de elevación de $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ en pasos de 30° . Después, se ubicó en 0° grados de elevación y se varió los ángulos de azimut de $0^\circ < \phi < 360^\circ$ en pasos de 30° .

Finalmente, se realizó las mediciones en intensidad de campo eléctrico (V/m) y en cociente de exposición (%) para cada combinación de ángulos, en la banda de 2.4GHz.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

En esta Facultad se llevó a cabo las mediciones en cuatro ambientes exteriores y en un ambiente interior, se identificó dos tipos de marcas de access point. En la Tabla 10 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 5

Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.213.110	1	Tercer piso al frente del aula 306
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.221.230	11	Tercer piso al frente del aula 313
FIEE2X	Ubiquiti Unifi AP-Outdoor	192.168.1.122	5	Escaleras del tercer piso
FIEE2A1	Ubiquiti Unifi AP-Outdoor	192.168.1.123	5	Segundo piso al frente del Instituto de Investigación
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.217.129	1	Interior de la Sala de Estudio

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos de cada access point véase el Apéndice H.

En la Tabla 11 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 6

Medición en promediación temporal del 12 al 16 de febrero de 2018 en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
3 piso pasadizo afuera del aula 306	2.00	300	0.00877	330	0.00573
	10.00	349.3	0.00896	53.83	0.0001
	20.00	693	0.01	79.35	0.0002
3 piso pasadizo afuera del aula 313	2.00	990.9	0.028	511.1	0.00635
	10.00	422.6	0.025	75.36	0.00012
	20.00	419.9	0.01	62.4	0.0001
2 piso escalera	2.00	338.6	0.00646	183.8	0.00076
	10.00	372	0.00861	144.7	0.00082
	20.00	1180	0.029	126.6	0.00043
2 piso frente instituto de investigación	2.00	274.9	0.0051	187.2	0.00116
	10.00	288.8	0.00583	109	0.00022
	20.00	289.9	0.00625	41.08	0.00005
Interior de la sala de estudio	10.77	377.9	0.00652	101.1	0.00024
	10.00	306.9	0.00504	61.77	0.00013
	10.77	276	0.00491	49.14	0.00008
	7.21	681.6	0.018	127.4	0.00028
	6.00	312.4	0.00538	71.59	0.00016
	4.47	380.7	0.00691	114.5	0.00041
	2.00	1060	0.013	973.5	0.00855
	4.47	319.7	0.00559	131.2	0.00043
	4.47	594	0.013	134.7	0.00069
	2.00	361.1	0.00774	170.9	0.00063
	4.47	296.3	0.00877	68.18	0.00009

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 12 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 7
Medición en promediación espacial del 12 al 16 de febrero de 2018 en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
3 piso afuera del aula 306	2.00	412.8	0.011	313.3	0.00241	488	0.004
3 piso afuera del aula 313	2.00	205.8	0.00118	220.2	0.00159	505.1	0.00341
2 piso escalera	2.00	83.17	0.00018	68.0	0.00012	69.13	0.00014
2 piso frente al Instituto de Investigación	2.00	201.6	0.00133	76.74	0.00021	81.55	0.0002
Interior de la sala de estudio	2.00	459.3	0.00297	511.8	0.00474	586.3	0.01

Nota: Elaboración propia

En la Figura 11 y en la Figura 12, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 11. Medición del access point UNMSM del tercer piso afuera del aula 306.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. Medición del access point UNMSM de la sala de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Odontología

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en dos ambientes exteriores y en tres ambientes interiores, se identificó solo una marca de access point. En la Tabla 13 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 8

Características principales de los Access Point de la Facultad de Odontología

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
Wifi-Odontología	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.139.74	11	1 piso afuera del aula 1
Wifi-Odontología	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.138.120	1	2 piso en el interior de la biblioteca
Wifi-Odontología	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.136.46	6	2 piso afuera de la clínica de posgrado
Wifi-Odontología	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.136.8	11	2 piso en el interior de la clínica de posgrado
Wifi-Odontología	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.137.158	1	1 piso en el interior del aula 5

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice H.

En la Tabla 14 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 9
Medición en promediación temporal del 22 de febrero al 01 de marzo de 2018 en la Facultad de Odontología

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso afuera del aula 1	2.00	227.4	0.00415	133.7	0.0005
	10.00	211.1	0.00288	47.66	0.00007
	20.00	213.2	0.00301	38.88	0.00004
Segundo piso afuera de la clínica de posgrado	2.00	405.6	0.00827	213.9	0.0015
	10.00	362.3	0.00927	113.5	0.00032
Interior de la Biblioteca	4.707	269.4	0.00476	34.67	0.00004
	3.187	308.8	0.00574	164.8	0.00056
	5.492	325.1	0.00565	154.3	0.0002
	4.958	336.1	0.00612	59.56	0.00011
	3.542	268.4	0.00494	38.92	0.00004
	5.703	339.3	0.00535	94.83	0.00023
	8.181	314.6	0.00478	120.5	0.00032
	6.853	405.9	0.00767	56.72	0.00011
	11.548	310.3	0.00442	50.49	0.00011
	10.645	285.9	0.00416	81.18	0.00011
	13.476	278.7	0.00496	57.08	0.00012
	9.675	287.9	0.0048	72.68	0.00013
	6.132	283.5	0.00477	65.09	0.00016
	3.688	366	0.00683	314	0.00198
	4.648	384.5	0.00807	196.6	0.00076
Segundo piso en el interior de la clínica de posgrado	7.849	305.1	0.00526	152	0.00027
	10.214	315.7	0.00466	51.8	0.00005
	6.913	258.9	0.00444	58.75	0.0001
	4.826	269.2	0.00303	143.8	0.00057
	10.591	219.5	0.00307	46.82	0.00006
	7.466	219.9	0.00299	46.44	0.00006

5.592

228

0.00348

123.5

0.00033

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 15 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 10

Medición en promediación espacial del 22 de febrero al 01 de marzo de 2018 en la Facultad de Odontología

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso afuera del aula 1	2.00	62.07	0.00014	112	0.00027	131.1	0.00048
Segundo piso afuera de la clínica de posgrado	2.00	370.8	0.00197	350.3	0.00413	360	0.00311
Interior de la Biblioteca	3.187	132.6	0.00128	144	0.00092	137.9	0.00042
Segundo piso en el interior de la clínica de posgrado	3.688	163.6	0.00058	167.2	0.00106	216.3	0.00098
Primer piso en el interior del aula	4.826	129.1	0.00038	120.1	0.00023	98.83	0.00021

Nota: Elaboración propia

En la Figura 13 y en la Figura 14, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 13. Medición del access point Wifi-Odontología del primer piso afuera del aula 1.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Medición del access point UNMSM del interior de la biblioteca.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Ciencias Administrativas

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en cuatro ambientes exteriores y en un ambiente interior, se identificó solo tres marcas de access point. En la Tabla 16 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 11

Características principales de los Access Point de la Facultad de Ciencias Administrativas

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
Administracion 1	Cisco AIR-AP1131AG	172.16.71.55	11	Sótano afuera de la Unidad De Investigación
fcawlan 1b	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.71.177	1	Primer piso afuera de la Unidad de Posgrado
UNMSM	Cisco AIR-AP1131AG	172.16.212.193	6	Segundo piso afuera del aula N° 203
VDINVESTIGACION	D-Link DWL-3200AP	172.16.71.251	11	Primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado
fcawlan 2a	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.71.252	1	Segundo piso afuera del aula N° 205

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice

H.

En la Tabla 17 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en Promediación Temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 12

Medición en promediación temporal del 02 al 07 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Administrativas

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Sótano afuera de la Unidad De Investigación	2.00	251.5	0.00497	155.8	0.00251
	10.00	212.2	0.00289	50.37	0.00038
Primer piso afuera de la Unidad de Posgrado	2.00	281.9	0.00401	124.1	0.00036
	10.00	228.6	0.00321	45.68	0.00006
Segundo piso afuera del aula N° 203	2.00	241.1	0.00321	83.7	0.00021
	10.00	230.2	0.00347	35	0.00004
Segundo piso afuera del aula N° 205	2.00	341.9	0.00524	250.5	0.0016
	10.00	229.6	0.00329	59.42	0.00014
Primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado	1.86	1284	0.027	1099	0.039
	4.41	229.5	0.00319	74.15	0.00021

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 18 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 13

Medición en promediación espacial del 02 al 07 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Administrativas

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Sótano afuera de la Unidad De Investigación	2	283.1	0.00246	278.2	0.00227	189.3	0.00086
Primer piso afuera de la Unidad de Posgrado	2	144.2	0.00047	196.8	0.00103	125	0.00035
Segundo piso afuera del aula N° 203	2	71.84	0.00012	67.18	0.00016	86.2	0.00021
Segundo piso afuera del aula N° 205	2	230.5	0.00145	248.6	0.00175	288.2	0.00221
Primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado	1.86	568.5	0.0086	1466	0.048	1819	0.084

Nota: Elaboración propia

En la Figura 15 y en la Figura 16, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 15. Medición del access point fcawlan 1b del primer piso afuera de la Unidad de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16. Medición del access point Wifi-Odontología del Primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en dos ambientes exteriores y en tres ambientes interiores, se identificó solo tres marcas de access point. En la Tabla 19 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 14

Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
EP_MINAS	Ubiquiti NanoStationM2	172.16.71.55	1	E. P. de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell
EP_AMBIENTAL	Ubiquiti NanoStationM2	192.168.1.149	10	Oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental
EAPMETALURGIA	Cisco Aironet 1700i	172.16.212.193	11	Escalera del tercer piso de la E. P. de Ingeniería Metalúrgica
FIGMMG	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.107.205	6	Aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica
FIGMMG	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.75.189	1	Aula 306 de la E. P. de Ingeniería Geológica

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice

H.

En la Tabla 20 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en Promediación Temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 15

Medición en promediación temporal del 09 al 19 de marzo de 2018 en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Escuela Profesional de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell	2.00	1758	0.127	199.3	0.00159
	10.00	2225	0.219	140.2	0.0003
	20.00	1575	0.127	110.1	0.00019
Escalera del tercer piso de la E. P. de Ingeniería Metalúrgica	2.00	790.3	0.035	761	0.00816
Oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental	2.57	383.9	0.013	263.3	0.00392
Interior del aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica	3.00	633.9	0.018	199.1	0.00156
	3.26	596.3	0.022	178.2	0.00076
Interior del aula 306 de la E. P. de Ingeniería Geológica	3.83	662.5	0.027	172.8	0.00066
	4.08	666	0.024	130.7	0.00064
	3.27	610.6	0.022	220.2	0.00141
	3.62	590.2	0.021	187.1	0.00191

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 21 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 16

Medición en promediación espacial del 09 al 19 de marzo de 2018 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Escuela Profesional de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell	2	161.2	0.00094	157.5	0.0007	176	0.001
Escalera del tercer piso de la E. P. de Ingeniería Metalúrgica	2	337.6	0.017	521	0.00854	428.3	0.00931
Oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental	2	83.82	0.00019	83.91	0.00019	83.99	0.00019
Aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica	3.00	86.01	0.016	89.88	0.00817	88.32	0.00551
Aula 306 de la E. P. de Ingeniería Geológica	3.27	307.4	0.00039	233.4	0.00039	202.7	0.00038

Nota: Elaboración propia

En la Figura 17 y en la Figura 18, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.

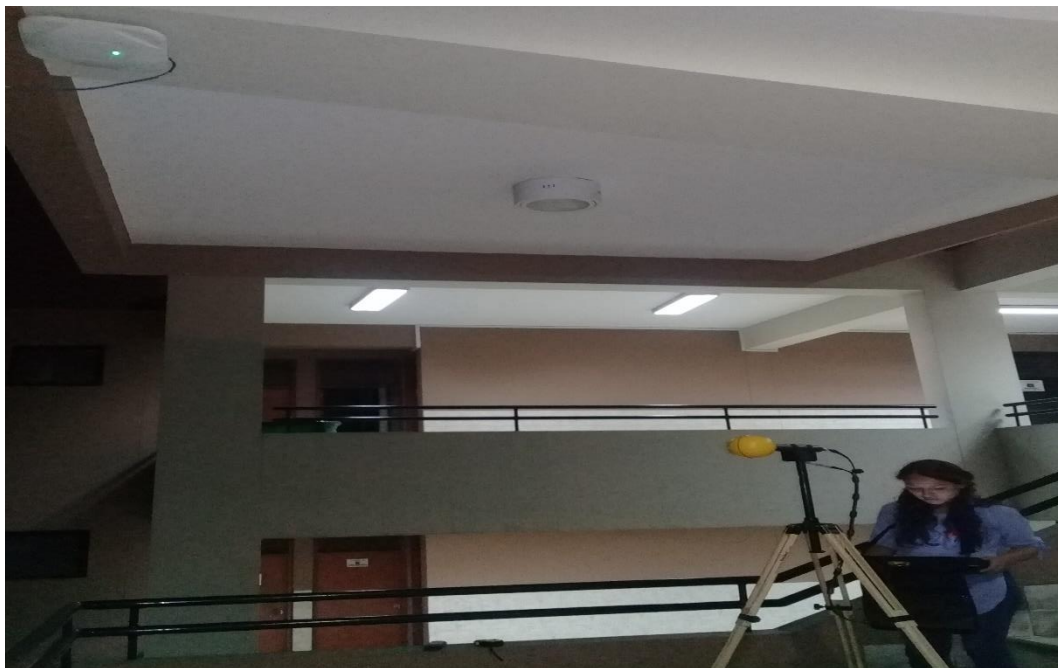


Figura 17. Medición del access point EAPMETALURGIA de la escalera del tercer piso de la E. P. de Ingeniería Metalúrgica.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Medición del access point FIGMMG del Aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Ingeniería Industrial

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en dos ambientes exteriores y en tres ambientes interiores, se identificó solo dos marcas de access point. En la Tabla 22 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 17

Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería Industrial

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
.:INDUSTRIAL:.	Cisco Aironet 1700i	172.16.26.186	11	Tercer piso afuera del aula N° 304
.:INDUSTRIAL:.	Cisco Aironet 1700i	172.16.26.214	1	Segundo piso afuera del aula N° 203
BILIOTECA_FII	D-Link DWL-3200AP	172.16.27.125	1	Interior de la sala de lectura
POSGRADO AULA_B	D-Link DWL-3200AP	172.16.27.171	6	Interior del aula B de Posgrado
.:INDUSTRIAL:.	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.25.222	1	Interior del laboratorio N°6

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice H.

En la Tabla 23 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 18

Medición en promediación temporal del 19 al 21 de marzo de 2018 en la Facultad de Ingeniería Industrial

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Tercer piso afuera del aula N° 304	2.00	901.4	0.044	214.9	0.00107
	10.00	915	0.054	145.5	0.00051
	20.00	865.9	0.049	139.6	0.00052
Segundo piso afuera del aula N° 203	2.00	297.4	0.00743	155.9	0.00045
	10.00	1044	0.069	166.2	0.00072
	20.00	1081	0.072	189.3	0.0009
Interior de la sala de lectura	9.73	230.5	0.00352	45.48	0.00005
	6.22	241.6	0.00377	64.36	0.00009
	3.84	850.6	0.00627	243.9	0.00149
	4.77	811.4	0.044	143.8	0.00054
	9.81	853.4	0.047	155.7	0.00061
	6.35	854.2	0.048	149.6	0.00058
	4.04	871.7	0.049	208.9	0.00085
	4.93	865.2	0.049	156.6	0.00064
Interior del aula B de Posgrado	4.17	807.8	0.043	144.3	0.00063
	3.98	1.078	0.074	186.6	0.00092
Interior del laboratorio N°6	3.70	1234	0.098	198.3	0.00118
	3.48	1311	0.107	202.9	0.00103

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 24 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 19

Medición en promediación espacial del 19 al 21 de marzo de 2018 en la Facultad de Ingeniería Industrial

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Afuera del aula N° 304	2	144.8	0.0009	151.6	0.00071	147.8	0.00067
Afuera del aula N° 203	20	150.6	0.0008	155.7	0.0007	145.9	0.00068
Interior de la sala de lectura	3.84	439.3	0.00387	510.1	0.00464	576.4	0.012
Interior del aula B de Posgrado	4.17	42.23	0.00006	60.3	0.00028	56.8	0.00016
Interior del laboratorio N°6	3.70	51.23	0.00134	53.1	0.0008	51.7	0.00053

Nota: Elaboración propia

En la Figura 19 y en la Figura 20, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 19. Medición del access point .:INDUSTRIAL.: del tercer piso afuera del aula N° 304.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Medición del access point BILIOTECA_FII del interior de la sala de lectura.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Ciencias Biológicas

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en dos ambientes exteriores y en tres ambientes interiores, se identificó solo una marca de access point. En la Tabla 25 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 20

Características principales de los Access Point de la Facultad de Ciencias Biológicas

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.222.196	1	Primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.222.196	11	Primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación
FCBIOLOGICAS02	Cisco Aironet 1700i	172.16.132.155	11	Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia
FCBIOLOGICAS01	Cisco Aironet 1700i	172.16.130.197	1	Interior de la sala de cómputo
UPGBIOLOGIA	Cisco Aironet 1700i	172.16.155.90	8	Interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice

H.

En la Tabla 26 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 21

Medición en promediación temporal del 22 al 28 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Biológicas

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia	2.00	1067	0.075	335.1	0.00235
	10.00	1064	0.079	175.2	0.0008
Primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación	2.00	1072	0.066	537	0.00899
	10.00	1066	0.072	265.2	0.00246
	5.42	986.5	0.064	175.5	0.00086
	3.31	1026	0.07	184.1	0.00086
Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia	4.96	1049	0.072	194.2	0.00095
	8.00	1014	0.066	181.9	0.00083
	6.75	1060	0.072	188.1	0.00091
	7.69	1068	0.074	185.5	0.00089
Interior de la sala de cómputo	3.47	380.2	0.00672	146.6	0.0006
	6.46	270	0.00399	59.35	0.00015
	8.58	287.7	0.00393	78.55	0.00013
	6.64	339	0.00747	79.14	0.00024
Interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado	4.14	384.5	0.00869	179.4	0.00081

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 27 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 22

Medición en promediación temporal del 22 al 28 de marzo de 2018 en la Facultad de Ciencias Biológicas

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia	2	170.5	0.00078	170.5	0.00078	169.9	0.00096
Primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación	2	1.069	0.00923	766.4	0.013	1.032	0.019
Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia	4.96	41.02	0.00006	60.1	0.00018	55.6	0.00014
Interior de la sala de cómputo	3.47	51.31	0.00123	52.14	0.00074	51.63	0.00052
Interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado	4.14	51.51	0.00023	51.96	0.00015	52.08	0.00012

Nota: Elaboración propia

En la Figura 21 y en la Figura 22, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 21. Medición del access point UNMSM del primer piso afuera de la recepción del pabellón de docencia.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 22. Medición del access point FCBIOLOGICAS01 del interior de la sala de cómputo.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Psicología

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en cuatro ambientes exteriores y en un ambiente interior, se identificó solo una marca de access point. En la Tabla 28 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 23

Características principales de los Access Point de la Facultad de Psicología

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
WIFI-PSICO	D-LINK DWL-3500AP	172.16.137.171	11	Oficina de unidad de matrícula
WIFI-PSICO	D-LINK DWL-3500AP	172.16.143.44	1	Oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento
WIFI-PSICO	D-LINK DWL-3500AP	172.16.141.12	6	Interior del aula 1A
WIFI-PSICO	D-LINK DWL-3500AP	172.16.132.89	1	Interior del aula 2C
WIFI-PSICO	D-LINK DWL-3500AP	172.16.132.89	1	Pasadizo del primer piso

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice H.

En la Tabla 29 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en Promediación Temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 24
Medición en promediación temporal del 03 al 10 de abril de 2018 en la Facultad de Psicología

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Pasadizo del primer piso	2.00	139.4	0.0003	352.6	0.00784
	10.00	333.4	0.00719	56.06	0.00009
	20.00	354.1	0.00787	53.48	0.00008
Interior de la oficina de unidad de matrícula	7.80	391.6	0.00911	63.28	0.00009
	3.81	411.7	0.01	68.6	0.0002
Interior de la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento	2.35	357.6	0.00839	92.68	0.00016
	4.46	384.6	0.00941	97.85	0.00017
	10.26	355.2	0.00775	53.72	0.00008
	10.76	369	0.00797	67.59	0.00009
Interior del aula 1A	7.29	747.1	0.022	366.8	0.00354
	7.37	491.3	0.012	136.5	0.0004
	4.14	1.042	0.029	572.8	0.00502
	4.28	993.3	0.037	251.2	0.00135
Interior del aula 2C	7.51	477.9	0.012	50.29	0.00008
	4.21	439.3	0.011	62.51	0.00009
	9.17	579.9	0.017	55.47	0.00011
	6.21	554.1	0.015	61.78	0.00012

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 30 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 25

Medición en promediación espacial del 03 al 10 de abril de 2018 en la Facultad de Psicología

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Pasadizo del primer piso	2	87.85	0.00007	117.2	0.00022	111.9	0.0002
Oficina de unidad de matrícula	7.80	59.8	0.00008	56.58	0.00007	64.89	0.00007
Oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento	2.35	61.97	0.00006	55	0.00006	52.54	0.00006
Interior del aula 1A	4.14	754	0.00063	560.8	0.00088	475.3	0.00622
Interior del aula 2C	6.21	52.75	0.00007	52.42	0.00007	52.45	0.00007

Nota: Elaboración propia

En la Figura 23 y en la Figura 24, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 23. Medición del access point WIFI-PSICO en el pasadizo del primer piso.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Medición del access point WIFI-PSICO en el interior del aula 1A.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Letras y Ciencias Humanas

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en cuatro ambientes exteriores y en un ambiente interior, se identificó solo una marca de access point. En la Tabla 31 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 26

Características principales de los Access Point de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
Fac-letras	D-LINK DAP-2360	172.16.43.16	11	Primer piso afuera de la Unidad de Servicios generales y mantenimiento
Fac-letras	D-LINK DWL-3200AP	172.16.43.92	1	Segundo piso afuera de la Oficina ACACIA
Fac-letras	D-LINK DAP-2360	172.16.43.209	11	Afuera del Aula Repertorio
Fac-letras	D-LINK DAP-2360	169.254.141.35	6	Afuera del aula 15B
Fac-letras S.Disen.	D-LINK DAP-2360	172.16.43.173	6	Interior de la sala de diseño

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice

H.

En la Tabla 32 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 27

Medición en promediación temporal del 10 al 12 de abril de 2018 en la Facultad de Letras y Ciencias Humanas

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso afuera de la Unidad de Servicios generales y mantenimiento	2.00	611.3	0.014	548	0.00848
	10.00	368.6	0.00777	84.33	0.00025
Segundo piso afuera de la Oficina ACACIA	2.00	552.7	0.017	229.9	0.00127
	10.00	475.5	0.012	93.55	0.00014
Afuera del Aula Repertorio	2.00	1.037	0.013	788.4	0.017
	10.00	508.5	0.013	233	0.00147
	20.00	447	0.011	126.6	0.00045
Afuera del aula 15B	2.00	469.1	0.012	290	0.00147
	10.00	504	0.014	77.9	0.0002
Interior de la sala de diseño	8.31	699.1	0.023	181	0.00106
	4.92	765	0.021	378.9	0.00944

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 33 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 28

Medición en promediación espacial del 10 al 12 de abril de 2018 Facultad de Letras y Ciencias Humanas

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso afuera de la Unidad de Servicios generales y mantenimiento	2	69.96	0.00972	62.71	0.00491	60.16	0.0033
Segundo piso afuera de la Oficina ACACIA	2	496.4	0.00244	380.9	0.011	548.3	0.013
Afuera del Aula Repertorio	2	104	0.019	845.5	0.025	759.9	0.018
Afuera del aula 15B	2	56.73	0.00267	55.43	0.00137	255.7	0.00101
Interior de la sala de diseño	4.92	716.6	0.00008	1.11	0.00033	941.2	0.00434

Nota: Elaboración propia

En la Figura 25 y en la Figura 26, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 25. Medición del access point Fac-letras en el segundo piso afuera de la Oficina ACACIA.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 26. Medición del access point Fac-letras en el interior de la sala de diseño.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en tres ambientes exteriores y en dos ambientes interiores, se identificó solo dos marcas de access point. En la Tabla 34 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 29

Características principales de los Access Point de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.219.103	6	3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas
FISI-DOC	Ubiquiti UAP-AC-LR	192.168.20.77	6	2 piso afuera del aula N° 208
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.214.161	6	2 piso afuera de la Unidad de Posgrado
FISI-DOC	Ubiquiti UAP-AC-LR	192.168.20.85	11	2 piso en el interior de la sala de catedráticos
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.220.237	6	3 piso en el interior de la videoteca

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice

H.

En la Tabla 35 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 30

Medición en promediación temporal del 16 al 18 de abril de 2018 en la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas	2.00	336	0.00724	64.87	0.00011
	10.00	354.3	0.008	63.34	0.00009
2 piso afuera del aula N° 208	2.00	398.9	0.00769	141	0.00052
	10.00	352.8	0.00752	83.43	0.0002
	20.00	345.5	0.00732	61.77	0.0001
2 piso afuera de la Unidad de Posgrado	2.00	496.7	0.01	408.2	0.00389
	10.00	345.5	0.00871	111.9	0.00038
2 piso en el interior de la sala de catedráticos	3.05	510.5	0.017	260.9	0.00145
	6.43	531.7	0.014	145.2	0.00076
	4.12	453	0.013	384.7	0.00454
3 piso en el interior de la videoteca	7.74	397.8	0.00854	142.7	0.00034
	11.61	380.7	0.0083	106.5	0.0028

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 36 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 31

Medición en promediación espacial del 16 al 18 de Abril de 2018 Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas	2	52.5	0.00007	52.28	0.00008	55.24	0.00008
2 piso afuera del aula N° 208	2	56.45	0.00008	55.19	0.00014	54.42	0.00182
2 piso afuera de la Unidad de Posgrado	2	450.8	0.00154	801.3	0.014	654.9	0.011
2 piso en el interior de la sala de catedráticos	3.05	255.2	0.0071	1.066	0.00579	1.129	0.00621
3 piso en el interior de la videoteca	4.12	63.05	0.00008	58.74	0.00014	68.83	0.00012

Nota: Elaboración propia

En la Figura 27 y en la Figura 28, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 27. Medición del access point UNMSM en el tercer piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 28. Medición del access point UNMSM en el tercer piso en el interior de la videoteca.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la

Facultad de Educación

En esta facultad se llevó a cabo las mediciones en cinco ambientes exteriores, se identificó solo una marca de access point. En la Tabla 37 se muestra las características principales de los access point de cada ambiente, detallando los datos que me sirvió para ejecutar las mediciones.

Tabla 32

Características principales de los Access Point de la Facultad de Educación

Características principales del Access Point				Ubicación del Access Point
SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia	
Wifi_Educacion	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.47.149	1	1 piso al frente de la fotocopiadora
Wifi_Educacion	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.47.159	11	2 piso frente al aula N° 213
Wifi_Educacion	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.47.185	1	3 piso afuera del aula N° 313
Wifi_Educacion	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.47.211	11	2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo
Wifi_Educacion	Ubiquiti UAP-AC-LR	172.16.47.116	11	3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase el Apéndice

H.

En la Tabla 38 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 33
Medición en promediación temporal del 02 al 04 de mayo de 2018 en la Facultad de Educación

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso al frente de la fotocopiadora	2.00	497.4	0.011	403.4	0.00233
	10.00	369.6	0.00917	59.38	0.00012
Segundo piso frente al aula N° 213	2.00	514.1	0.012	507.5	0.00547
	10.00	342.1	0.00714	80.04	0.00026
Tercer piso afuera del aula N° 313	2.00	505.3	0.012	344.3	0.00252
	10.00	418.9	0.01	59.92	0.00009
2 piso afuera del laboratorio de informática- pabellón administrativo	2.00	514.2	0.011	670	0.00532
	10.00	336.5	0.00724	94.39	0.00022
3 piso afuera del salón grados- pabellón administrativo	2.00	339.4	0.00737	73.31	0.00013
	10.00	351.4	0.00752	71.48	0.00015

Nota: Elaboración propia

Después, de la obtención de los valores en promediación temporal se identificó el mayor valor de intensidad de campo eléctrico (V/m) con su respectiva distancia desde la antena hacia la sonda. Se procedió a realizar la medición en promediación espacial.

En la Tabla 39 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 34

Medición en promediación temporal del 02 al 04 de mayo de 2018 en la Facultad de Educación

Ambiente analizado	Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
		Banda angosta					
		1.1m		1.5m		1.7m	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Primer piso al frente de la fotocopiadora	2	77.26	0.00007	154.7	0.00007	129.5	0.00807
Segundo piso frente al aula N° 213	2	52.85	0.011	661.8	0.00576	542	0.00387
Tercer piso afuera del aula N° 313	2	227.8	0.023	164.7	0.011	139.7	0.0082
2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo	2	281.9	0.00009	202.9	0.00008	378.3	0.00008
3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo	2	66.97	0.00008	60.83	0.00008	58.43	0.00008

Nota: Elaboración propia

En la Figura 29 y en la Figura 30, se observa cómo se llevó a cabo las mediciones de los access point.



Figura 29. Medición del access point Wifi_Educacion en el primer piso al frente de la fotocopiadora.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Medición del access point Wifi_Educacion en el tercer piso afuera del salón grados-pabellón administrativo.
Fuente: Elaboración propia.

Casos Especiales considerados la medición de radiaciones no ionizantes

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes del Access Point del Aula de Universia ubicado en la Biblioteca Central de la UNMSM

Como un caso especial se eligió el Aula de Universia de la Biblioteca Central de la UNMSM ya que cuenta con 50 computadoras portátiles todas conectadas a un solo access point con SSID UNMSM.

En la Tabla 40 se muestra las características principales del access point.

Tabla 35

Características principales del Access Point del Aula Universia de la biblioteca central

SSID	Marca y Modelo	Dirección IP	Canal de frecuencia
UNMSM	Cisco Aironet 1700i	172.16.119.195	2

Nota: Elaboración propia

Para más detalle de los parámetros técnicos del tipo de access point véase Apéndice H.

En la Tabla 41 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación temporal en banda ancha y en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 36

Medición en promediación temporal en el Aula Universia del 20 al 26 de abril de 2018

Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
	Banda ancha		Banda angosta	
	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
7,57	467,8	0,011	229,1	0,00135
6,01	503,6	0,012	233,9	0,00125
4,69	650,8	0,015	434,4	0,00544
3,86	924,2	0,027	552,6	0,00834
3,86	686,7	0,021	625	0,00904

4,69	619,9	0,012	471,8	0,00571
6,01	583,2	0,014	435,8	0,00498
7,57	554,6	0,014	235,5	0,00155
7,10	444,5	0,011	203,3	0,00106
5,41	570,3	0,015	334,9	0,00325
3,88	764,4	0,022	592,6	0,00841
2,83	1336	0,057	1263	0,041
2,83	1315	0,044	1367	0,056
3,88	743,6	0,02	474,4	0,00576
5,41	571,6	0,011	340,3	0,0035
7,10	430,5	0,01	145,8	0,00097
7,28	467,3	0,01	244,8	0,00167
5,64	484,4	0,012	286,9	0,00239
4,20	559,7	0,013	361,5	0,00383
3,25	881,2	0,03	718,3	0,015
3,25	702,6	0,023	622,7	0,00817
4,20	627,6	0,014	409,1	0,0043
5,64	523,4	0,012	284,2	0,00238
7,28	439,1	0,00896	213,9	0,00133
8,07	463,8	0,012	218,3	0,00123
6,62	437,8	0,00986	202,3	0,00108
5,45	513,1	0,012	248,3	0,00211
4,76	596,4	0,013	403,3	0,00452
4,76	501,5	0,013	341,2	0,00356
5,45	590,7	0,015	287,3	0,00224
6,62	515,3	0,013	189,9	0,00094
8,07	441,5	0,011	176,5	0,00085
9,31	412,9	0,00986	155,3	0,00065
8,09	417,2	0,00967	150,1	0,00062
7,17	474,9	0,011	226	0,00146
6,65	492,9	0,012	203,1	0,00114
6,65	425,7	0,00974	252,7	0,00151
7,17	448,9	0,011	235,3	0,00124
8,09	437	0,00962	180,1	0,00093
9,31	426,5	0,00978	150,3	0,00066

Nota: Elaboración propia

Se observa que el mayor valor de intensidad de campo eléctrico y cociente de exposición en banda angosta es de 1.367 V/m y 0.056 %, respectivamente, a una distancia de 2.83 m entre la sonda isotrópica al access point. Con esta ubicación se procedió a realizar la medición en promediación espacial en dicho punto.

En la Tabla 42 se muestra los valores obtenidos de las mediciones de radiaciones no ionizantes en promediación espacial en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%).

Tabla 37

Medición en promediación espacial en el Aula Universia del 20 al 26 de abril de 2018

Distancia Antena- Sonda (m)	Promediación Espacial					
	Banda angosta					
	1.1m		1.5m		1.7m	
	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
2.83	0.709	0.0135	1.193	0.0382	1.412	0.0535

Nota: Elaboración propia

En la Figura 31, en la Figura 32 y en la Figura 33 se observa cómo se llevó a cabo las mediciones en el Aula Universia.

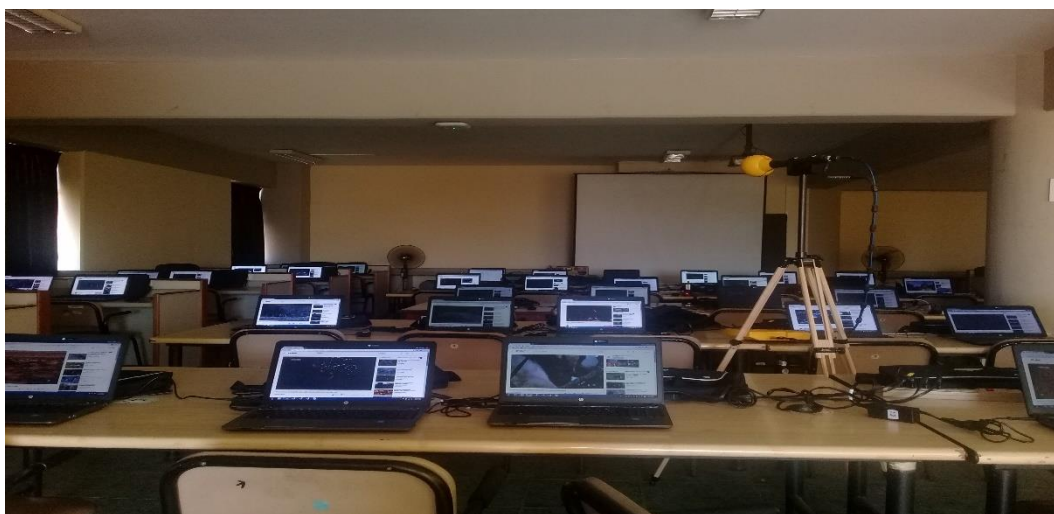


Figura 31. Medición en el Aula Universia a una distancia de 4.20m entre la sonda y el access point.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32. Medición en el Aula Universia a una distancia de 6.62m entre la sonda y el access point.

Fuente: Elaboración propia.

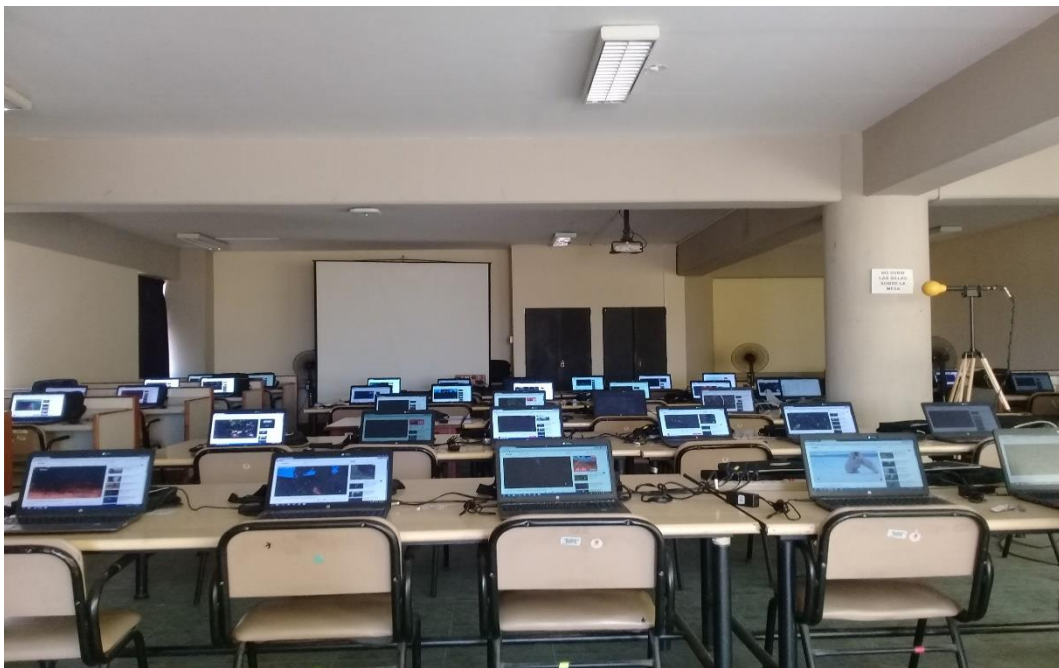


Figura 33. Medición en el Aula Universia a una distancia de 4.76m entre la sonda y el access point.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes del Access Point de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Después, de realizar las mediciones en la oficina de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, se observó que el access point estaba ubicado en la ventana, detrás de la silla del director de escuela a la altura de la cabeza, por ese motivo se decidió realizar una medición más a un 1cm de distancia entre la sonda isotrópica y el access point a una altura de 1.33m.

En la Tabla 43 se muestra los valores obtenidos en promediación temporal en banda angosta en unidades de intensidad de campo eléctrico (V/m) y cociente de exposición (%), 2360 V/m y 0.114 %, respectivamente.

Tabla 38
Medición en promediación temporal en la oficina de la E.P. Ingeniería Ambiental el 15 de Marzo de 2018

Ambiente analizado	Distancia Antena-Sonda (m)	Promediación Temporal			
		Banda ancha		Banda angosta	
		(mV/m)	(%)	(mV/m)	(%)
Oficina de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental	0.1	2171	0.121	2360	0.114

Nota: Elaboración propia

Análisis estadístico de las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en las diez facultades de la UNMSM

Para el análisis de resultados se usó el programa estadístico SPSS versión 24.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo en cada facultad donde se encontró el mínimo, el máximo, la media (\bar{X}) y la desviación estándar (s) de los valores obtenidos.

Concluido el análisis estadístico en las diez facultades se encontró que los valores de la desviación estándar son menores que el resultado de la media, lo que nos quiere decir que nuestros datos no están muy dispersos con respecto a la media. (Triola, 2009)

Seguidamente, se llevó a cabo el análisis del coeficiente de correlación entre el nivel de radiaciones no ionizantes y la distancia de medición. Para ello, se trató de comprobar la normalidad de la variable dependiente “nivel de radiaciones no ionizantes”, de tres formas: encontrando el valor de curtosis, asimetría, histograma y aplicando la prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov. Los resultados demostraron que los datos no cumplen una distribución normal, por ende, no se pudo realizar un análisis paramétrico.

Debido a ello, se procedió a realizar un análisis no paramétrico para encontrar el coeficiente de correlación de Spearman y demostrar estadísticamente la linealidad entre el nivel de radiaciones no ionizantes y la distancia entre la fuente emisora y el punto de medición. Se realizó el análisis con respecto a la intensidad de campo eléctrico y el cociente de exposición para los ambientes interiores y para exteriores en forma general para todos los valores encontrados en las diez facultades.

A continuación, se detallará el análisis estadístico de las diez facultades de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

La Tabla 44 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el pasadizo afuera del aula 306, el pasadizo afuera del aula 313, 2 piso escalera y el 2 piso frente al Instituto de Investigación, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: la sala de estudio, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula.

Tabla 39

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Estadística	Ambientes exteriores			Ambientes interiores
	2 m	10m	20m	Interior de la sala de estudio
Media (\bar{X})	303.025	95.723	77.358	142.18
Desviación Estándar (s)	154.545	39.769	36.371	135.05

Nota: Elaboración propia

Análisis estadístico de la Facultad de Odontología

La Tabla 45 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el primer piso afuera del aula 1 y el segundo piso afuera de la clínica de posgrado, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: en la biblioteca, en la clínica de posgrado y en el aula 5, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula en cada ambiente.

Tabla 40

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Odontología

Estadística	Ambientes exteriores			Ambientes interiores		
	2m	10m	20m	Interior de la Biblioteca	Segundo piso en el interior de la clínica de posgrado	Primer piso en el interior del aula 5
Media (\bar{X})	115.867	80.58	38.88	87.152	142.908	78.518
Desviación Estándar (s)	56.710	46.556	-	44.832	100.590	43.413

Nota: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 45 que a 20m no se analizó la desviación estándar debido a que solo se cuenta con un valor a esa distancia que es del ambiente “segundo piso afuera de la clínica de posgrado”.

Análisis estadístico de la Facultad de Ciencias Administrativas

La Tabla 46 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones. En el caso de los ambientes exteriores, como son: en el sótano afuera de la unidad de investigación, primer piso afuera de la Unidad de Posgrado, segundo piso afuera de las aulas N° 203 y N° 205, se analizó estos parámetros estadísticos por distancias a 2m, 10m y 20m. En ambientes interiores, como: en la Unidad de Posgrado, este cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula.

Tabla 41

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ciencias Administrativas

Estadística	Ambientes exteriores		Ambientes interiores
	2m	10m	Primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado
Media (\bar{X})	153.525	47.6175	1099

Desviación Estándar (s)	71.065	10.163	-
--------------------------------	--------	--------	---

Nota: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 46 que en el ambiente interior “Unidad de Posgrado” no se analizó la desviación estándar debido a que sólo se cuenta con un valor.

Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

La Tabla 47 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: en la escuela profesional de Ingeniería de Minas al frente del Auditorio David Lowell y de la escalera del tercer piso de la E. P. de Ingeniería Metalúrgica, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: en la oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental, el aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica y el aula 306 de la E. P. de Ingeniería Geológica, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula en cada ambiente.

Tabla 42

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Estadística	Ambientes exteriores			Ambientes interiores		
	2m	10m	20m	Oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental	Aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica	Aula 306 de la E. P. de Ingeniería Geológica
Media (\bar{X})	480.15	140.2	110.1	263.3	188.65	177.70
Desviación Estándar (s)	397.182	-	-	-	14.779	37.093

Nota: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 47 que a 10m y 20m perteneciente a la medición en el ambiente “E.P. de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell” y en el ambiente

interior “Oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental” no se analizó la desviación estándar debido a que solo se cuenta con un valor de medición en dichos espacios.

Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería Industrial

La Tabla 48 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el tercer piso afuera del aula N° 304 y el segundo piso afuera del aula N° 203, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: en la sala de lectura, el aula B de Posgrado y el laboratorio N°6, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula en cada ambiente.

Tabla 43

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería Industrial

Estadística	Ambientes exteriores			Ambientes interiores		
	2m	10m	20m	Interior de la sala de lectura	Interior del aula B de Posgrado	Interior del laboratorio N°6
Media (\bar{X})	123.6	155.85	164.45	146.043	165.45	200.6
Desviación Estándar (s)	41.7193	14.637	35.143	66.046	29.911	3.253

Nota: Elaboración propia

Análisis estadístico de la Facultad de Ciencias Biológicas

La Tabla 49 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el primer piso afuera de la recepción del pabellón de docencia y el primer piso afuera de la recepción del pabellón de investigación, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: la biblioteca del pabellón de docencia, sala de

cómputo y la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula en cada ambiente.

Tabla 44

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ciencias Biológicas

Estadística	Ambientes exteriores		Ambientes interiores		
	2m	10m	Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia	Interior de la sala de cómputo	Interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado
Media (\bar{X})	436.05	220.2	184.883	90.91	179.4
Desviación Estándar (s)	142.765	63.640	6.246	38.248	-

Nota: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 49, que en el ambiente interior “Sala de sesiones de la unidad de posgrado” no se analizó la desviación estándar debido a que solo se cuenta con un valor.

Análisis estadístico de la Facultad de Psicología

La Tabla 50 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el pasadizo del primer piso, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: la oficina de unidad de matrícula, la oficina de Unidad de servicios generales y mantenimiento y el aula 1A, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula en cada ambiente.

Tabla 45

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Psicología

Estadística	Ambientes exteriores			Ambientes interiores			
	2m	10m	20m	Oficina de unidad de matrícula	Oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento	Interior del aula 1A	Interior del aula 2C
Media (\bar{X})	352.6	56.06	53.48	65.94	77.96	331.825	57.513
Desviación Estándar (s)	-	-	-	3.7618	20.876	186.140	5.760

Nota: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 50 que a 2m, 10m y 20m perteneciente a la medición en el ambiente “el pasadizo del primer piso” no se analizó la desviación estándar debido a que solo se cuenta con un valor de medición en dicho espacio.

Análisis estadístico de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas

La Tabla 51 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el primer piso afuera de la unidad de servicios generales y mantenimiento, el segundo piso afuera de la oficina ACACIA, afuera del aula Repertorio y afuera del aula 15B, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: la sala de diseño, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula en cada ambiente.

Tabla 46

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas

Estadística	Ambientes exteriores			Ambientes interiores
	2m	10m	20m	Interior de la sala de diseño
Media (\bar{X})	464.075	122.195	126.6	279.95

Desviación Estándar (s)	256.496	74.149	-	139.936
--------------------------------	---------	--------	---	---------

Nota: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 51 que a 2m perteneciente a la medición en el ambiente exterior “afuera del aula Repertorio” no se analizó la desviación estándar debido a que solo se cuenta con un valor de medición en dicho espacio.

Análisis estadístico de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

La Tabla 52 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el tercer piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas, el segundo piso afuera del aula N° 208 y el segundo piso afuera de la Unidad de Posgrado, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m. Y en ambientes interiores, como: la sala de catedráticos y la videoteca, el cálculo fue con respecto a todas las mediciones realizadas en el centro de cada cuadrícula en cada ambiente.

Tabla 47

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Estadística	Ambientes exteriores			Ambientes interiores	
	2m	10m	20m	2 piso en el interior de la sala de catedráticos	3 piso en el interior de la videoteca
Media (\bar{X})	204.69	86.223	61.77	203.05	211.3
Desviación Estándar(s)	180.309	24.4	-	81.812	151.256

Nota: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 52 que a 2m perteneciente a la medición en el ambiente exterior “el segundo piso afuera del aula N° 208” no se analizó la desviación estándar debido a que solo se cuenta con un valor de medición en dicho espacio.

Análisis estadístico de la Facultad de Educación

La Tabla 53 muestra la media y la desviación estándar de las mediciones, utilizando el software estadístico SPSS v.24. En el caso de los ambientes exteriores, como: el primer piso al frente de la fotocopidora, el segundo piso frente al aula N° 213, el tercer piso afuera del aula N° 313, el segundo piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo y el tercer piso afuera del salón grados-pabellón administrativo, se analizó estos parámetros estadísticos por distancia 2m, 10m y 20m.

Tabla 48

Análisis Estadístico de la intensidad de campo eléctrico de la Facultad de Educación

Estadística	Ambientes exteriores	
	2m	10m
Media (\bar{X})	399.702	73.042
Desviación Estándar (s)	220.395	14.714

Nota: Elaboración propia

Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para las diez Facultades evaluados en ambientes exteriores

Para hallar la correlación de Spearman se realizó un análisis no paramétrico con el programa estadístico SPSS versión 24. En la Tabla 54 se muestra el coeficiente de correlación de manera bilateral, es una tabla que presenta todas las comparaciones posibles entre las variables, por ello, se observa correlaciones de las variables contra ellas mismas, que no serán tomadas en cuenta, porque carece de sentido ya que nos muestra un valor de 1.000 (correlación positiva perfecta).

Tanto en la primera y segunda fila se percibe la correlación de Spearman en ambos sentidos entre la distancia Antena-Sonda (m) y el cociente de exposición (%), el coeficiente de correlación es de -0.645, esto quiere decir que es una **correlación negativa considerable**

(“A mayor distancia Antena-Sonda menor cociente de exposición”) y es significativa en el nivel del 0.000 (menor del 0.01), lo que significa que se tiene el 99% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo el 1% de posibilidad de error al aceptar el resultado de la correlación.

Tabla 49

Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para ambientes exteriores para las diez facultades de la UNMSM

Coeficiente de correlación Rho de Spearman			
		Cociente de Exposición (%)	Distancia Antena-Sonda (m)
Cociente de Exposición (%)	Coeficiente de correlación	1.000	-0.645**
	Sig. (bilateral)	.	0.000
	N	68	68
Distancia Antena-Sonda (m)	Coeficiente de correlación	-0.645**	1.000
	Sig. (bilateral)	0.000	.
	N	68	68

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Elaboración propia

Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para las diez

Facultades evaluados en ambientes interiores

Para hallar la correlación de Spearman se realizó un análisis no paramétrico con el programa estadístico SPSS versión 24. En la Tabla 55 se muestra el coeficiente de correlación de manera bilateral, es una tabla que presenta todas las comparaciones posibles entre las variables, por ello, se observa correlaciones de las variables contra ellas mismas, que no serán tomadas en cuenta, porque carece de sentido ya que nos muestra un valor de 1.000 (correlación positiva perfecta).

Tanto en la primera y segunda fila se percibe la correlación de Spearman en ambos sentidos entre la distancia Antena-Sonda (m) y el cociente de exposición (%), el coeficiente

de correlación es de -0.422, esto quiere decir que es una **correlación negativa media** (“A **mayor distancia Antena-Sonda menor cociente de exposición**”) y es significativa en el nivel del 0.000 (menor del 0.01), lo que significa que se tiene el 99% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo el 1% de posibilidad de error al aceptar el resultado de la correlación.

Tabla 50

Análisis estadístico del coeficiente de correlación de Spearman para ambientes interiores para las diez facultades de la UNMSM

Coeficiente de correlación Rho de Spearman			
Cociente de Exposición (%)	Coeficiente de correlación	Cociente de Exposición (%)	Distancia Antena-Sonda (m)
	Sig. (bilateral)	.	0.000
	N	87	87
Distancia Antena-Sonda (m)	Coeficiente de correlación	-0.422**	1.000
	Sig. (bilateral)	0.000	.
	N	87	87

** .La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Elaboración propia

Análisis estadístico valores mínimos y máximos para las diez Facultades evaluados en ambientes interiores y exteriores en promediación temporal

En la Tabla 56 se muestra los valores máximos y mínimos de cada facultad y al final se observa los valores totales de cada valor.

Tabla 51

Análisis estadístico de los valores mínimos y máximos de las diez facultades en promediación temporal

Facultad	Ambientes interiores				Ambientes exteriores			
	Valor Mínimo Max. Avg. (mV/m)	Coc. de exposición (%)	Valor Máximo Max Avg. (mV/m)	Coc. de exposición (%)	Valor Mínimo Max. Avg. (mV/m)	Coc. de exposición (%)	Valor Máximo Max. Avg. (mV/m)	Coc. de exposición (%)
Facultad Ingeniería	49.14	0.00008	533.5	0.00855	41.08	0.00005	511.1	0.00635

Electrónica y Eléctrica								
Facultad de Odontología	34.67	0.00004	314	0.00198	38.88	0.00004	213.9	0.0015
Facultad de Ciencias Administrativas	1099	0.039	1099	0.039	35	0.00004	250.5	0.00251
Facultad de Geología, Minas, Civil, Metalurgia, Geográfica, Ambiental	130.7	0.00064	761	0.00816	110.1	0.00019	199.3	0.00159
Faculta de Ingeniería Industrial	45.48	0.00005	243.9	0.00149	139.6	0.00045	214.9	0.00107
Facultad de Biología	59.35	0.00013	194.2	0.00095	175.2	0.0008	537	0.00899
Facultad de Psicología	50.29	0.00008	572.8	0.00502	53.48	0.00008	352.6	0.00784
Facultad de Letras y Ciencias Humanas	181	0.00106	378.9	0.00944	77.9	0.00014	788.4	0.017
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática	106.5	0.00034	384.7	0.00454	61.77	0.00009	480.2	0.00389
Facultad de Educación	-	-	-	-	59.38	0.00009	670	0.00547
Valor mínimo del total de mediciones	34.67	0.00004			35	0.00004		
Valor máximo del total de mediciones			1099	0.039			788.4	0.017

Nota: Elaboración propia

De esta tabla se puede indicar que los niveles de radiaciones no ionizantes en intensidad de campo eléctrico (mV/m) va desde 34.67 mV/m a 1.099 V/m y en cociente de

exposición (%) va desde 0.00004 % a 0.039 %. En el caso de ambientes interiores se obtuvo valores entre 34.67mV/m a 1.099V/m y de 0.00004% a 0.039%. En ambientes exteriores se tiene niveles de radiaciones no ionizantes entre 35mV/m a 788.4mV/m y 0.00004% a 0.017%. Contrastando los valores encontrados en la medición de los sistemas Wi-Fi de las diez facultades de la UNMSM con la normativa, se concluye que están por debajo de los límites máximos permisibles según la Norma ICNIRP 98 ya que el límite es 61 V/m.

Si consideramos los valores de los casos especiales: “aula Universia de la biblioteca central” y la “oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental” donde el valor máximo entre los dos ambientes es 2.360V/m y 0.114%.

Entonces se puede concluir que los niveles de intensidad de campo eléctrico están en el rango de 34.67mV/m a 2.360V/m y del cociente de exposición se encuentra entre 0.00004% a 0.114%.

Análisis estadístico valores mínimos y máximos para las diez Facultades evaluados en ambientes interiores y exteriores en promediación espacial

En la Tabla 57 se muestra los valores máximos y mínimos de cada facultad y al final se observa los valores totales de cada valor.

Tabla 52

Análisis estadístico de los valores mínimos y máximos de las diez facultades en promediación espacial

Facultades	Valor mínimo		Valor máximo	
	Max Average (mV/m)	Cociente de exposición (%)	Max Average (mV/m)	Cociente de exposición (%)
Facultad Ingeniería Electrónica y Eléctrica	68	0.00012	586.3	0.011
Facultad de Odontología	62.07	0.00014	370.8	0.00413
Facultad de Ciencias Administrativas	67.18	0.00012	1819	0.084
	83.82	0.00019	521	0.017

Facultad de Geología, Minas,
Civil, Metalurgia, Geográfica,
Ambiental

Faculta de Ingeniería Industrial	42.23	0.00006	576.4	0.012
Facultad de Biología	41.02	0.00006	1069	0.019
Facultad de Psicología	52.42	0.00006	754	0.00622
Facultad de Letras y Ciencias Humanas	55.43	0.00008	1110	0.025
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática	52.28	0.00007	1129	0.014
Facultad de Educación	52.85	0.00007	661.8	0.023
Valor mínimo del total de mediciones	41.02	0.00006		
Valor máximo del total de mediciones			1819	0.084

Nota: Elaboración propia

De los valores obtenidos de la evaluación en promediación espacial se encuentran en el rango de 41.02mV/m a 1.819V/m en lo que respecta a intensidad de campo eléctrico y en cociente de exposición se obtuvo valores entre 0.00006 % a 0.084%. Siendo la promediación espacial un análisis más detallado donde se ha centrado en el mayor valor de la evaluación en promediación temporal, según los resultados se puede notar que los niveles de radiaciones no ionizantes siguen estando debajo de los límites máximos permisibles, según la norma ICNIRP 98.

Comparación de la banda de Wi-Fi (2.4GHz) con respecto a las bandas de los servicios más importantes de telecomunicaciones

Si bien es cierto el trabajo de tesis se centra únicamente en el análisis de los sistemas Wi-Fi, al momento de realizar la medición en banda ancha se logró medir todos los servicios de telecomunicaciones que operan en el rango de frecuencia de 27MHz a 3GHz.

Teniendo esta data, se procedió a realizar una comparación del nivel del cociente de exposición (%) entre la banda de Wi-Fi (2.4GHz) y los servicios más importantes de telecomunicaciones, de las cuales destacan: banda de frecuencia VHF para TV, banda de frecuencia modulada (FM) y para las bandas de comunicaciones móviles (banda 700MHz, banda 850MHz, banda 900MHz, banda AWS 1700/2100MHz y la banda 1900MHz).

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

De la Figura 34, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda 900MHz con un valor de 0.00130% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia que el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.00855%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

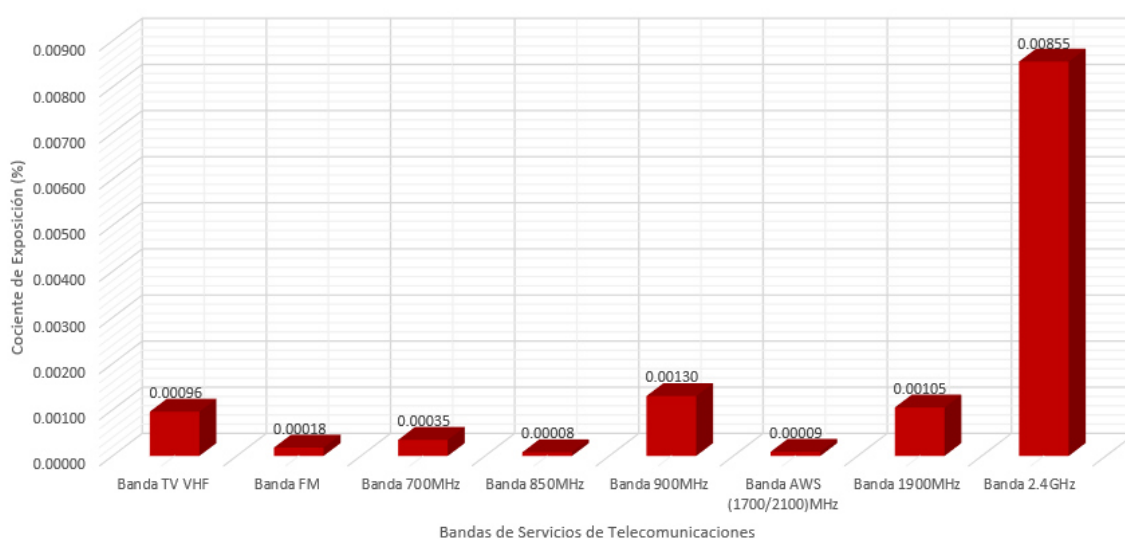


Figura 34. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Odontología

De la Figura 35, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda VHF de TV con un valor de 0.00101% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.00198%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

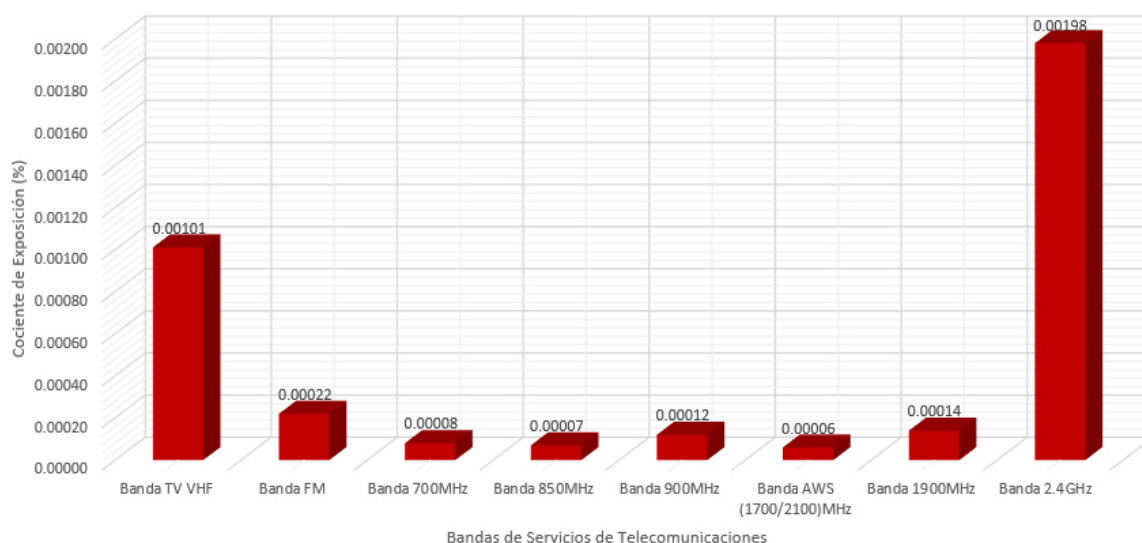


Figura 35. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Odontología.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ciencias Administrativas

De la Figura 36, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda FM con un valor de 0.00158% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.039%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

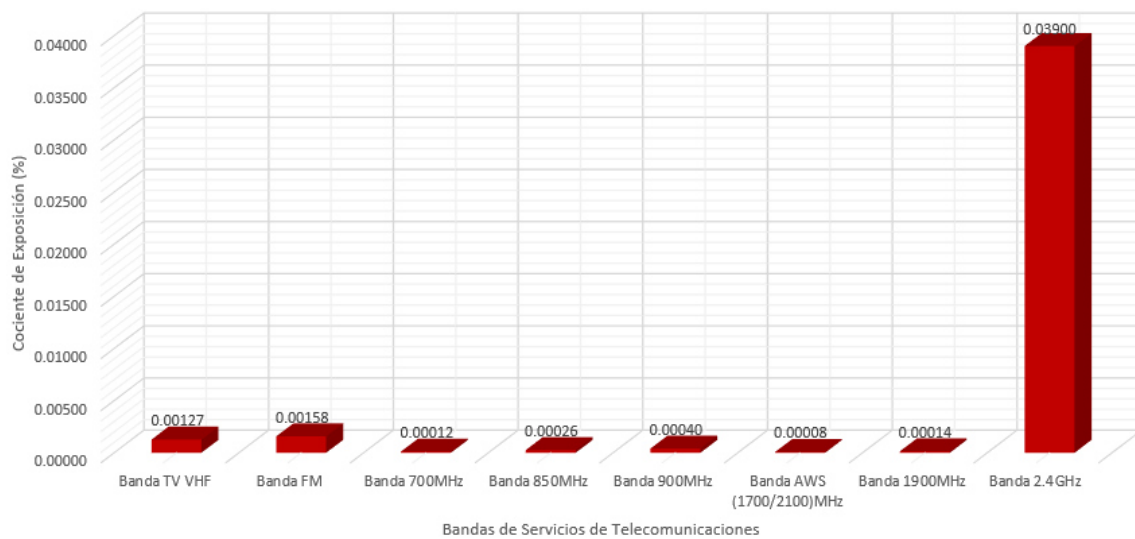


Figura 36. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ciencias Administrativas.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica

De la Figura 37, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda VHF de TV con un valor de 0.00607% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.00816%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

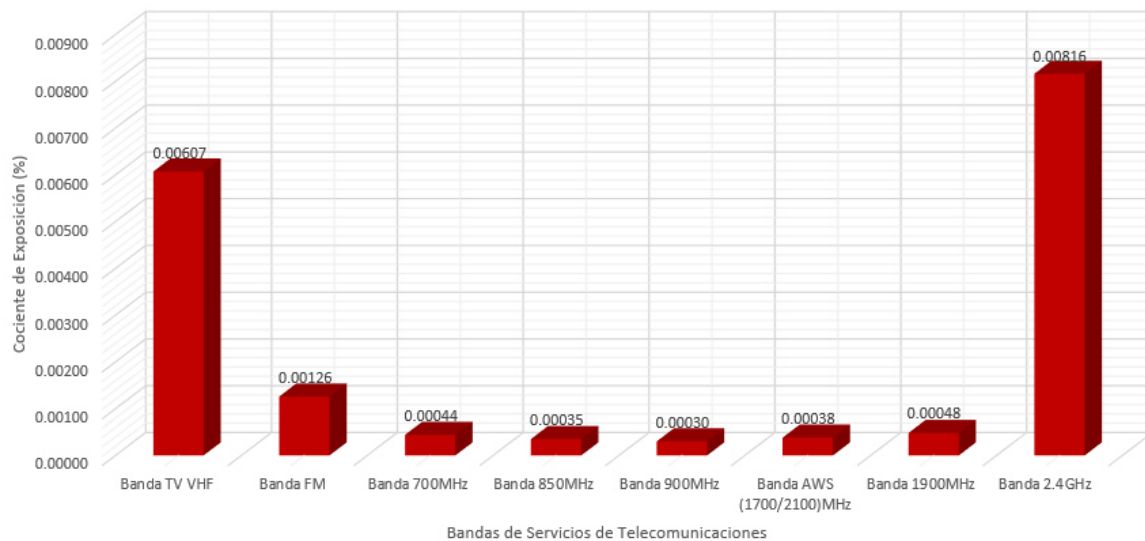


Figura 37. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica.
Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Industrial

De la Figura 38, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda VHF de TV con un valor de 0.00126% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.00149%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

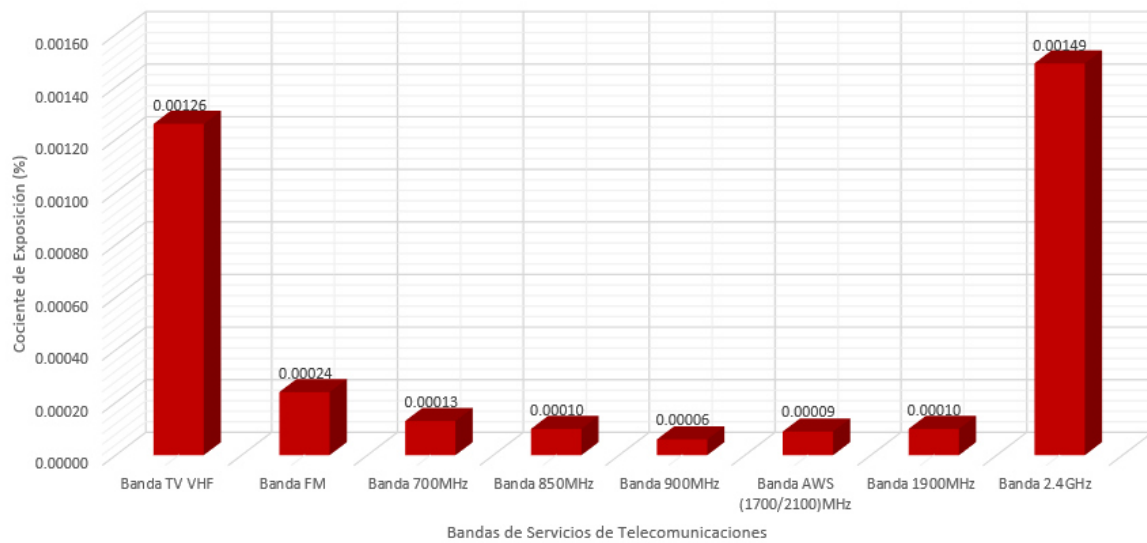


Figura 38. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería Industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería Ciencias

Biológicas

De la Figura 39, se observa que el mayor valor de cociente de exposición fue de la banda VHF de TV con un valor de 0.02150% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98. En contraste con las nueve facultades, en este caso se observa que la radiación emitida por el access point es mucho menor que la banda VHF TV debido a que existe una mayor influencia de las señales de TV en el punto de medición.

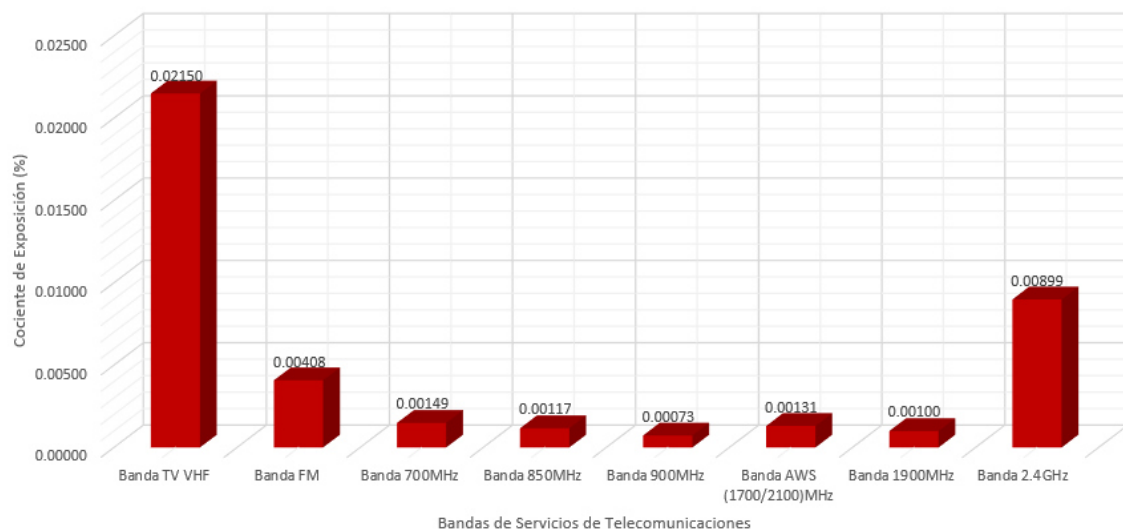


Figura 39. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ciencias Biológicas.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Psicología

De la Figura 40, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda 1900MHz con un valor de 0.00397% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.00502%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

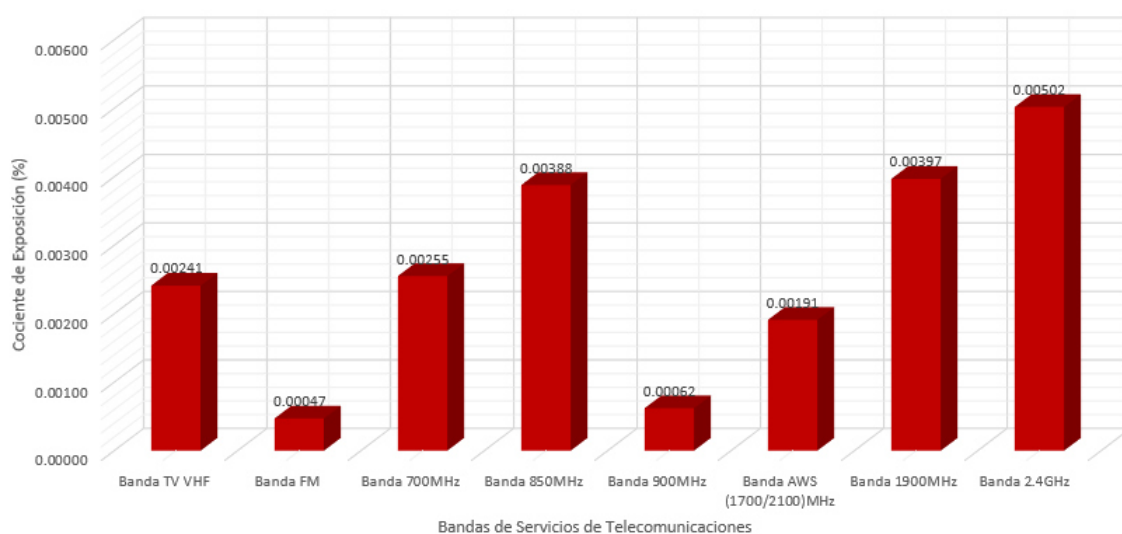


Figura 40. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Psicología.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ciencias humanas y

Letras

De la Figura 41, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda UHF TV con un valor de 0.00227% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.017%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

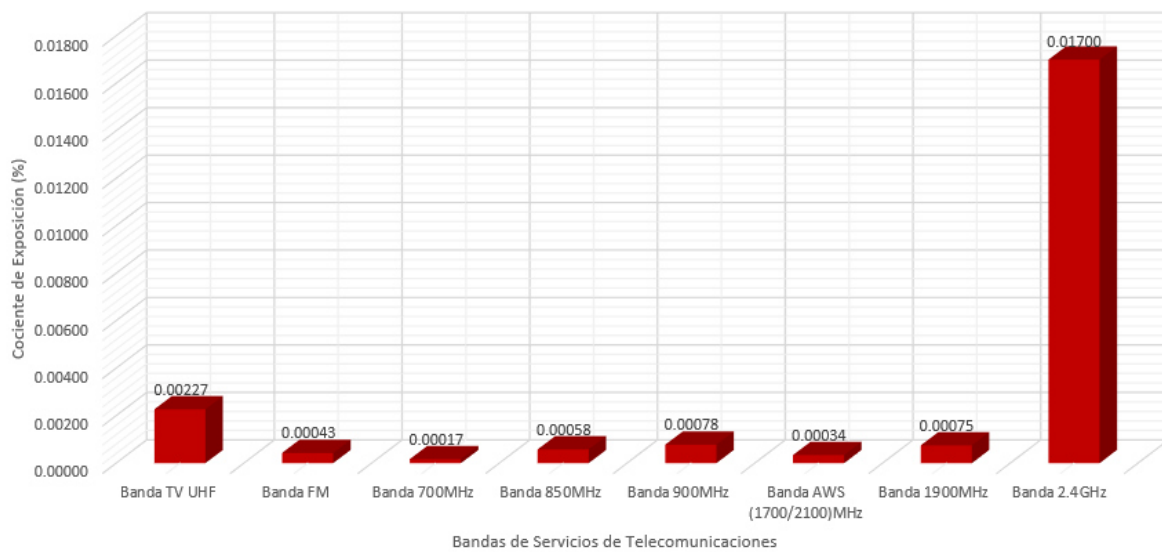


Figura 41. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ciencias Humanas y Letras.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

De la Figura 42, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda UHF TV con un valor de 0.00243% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.00389%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

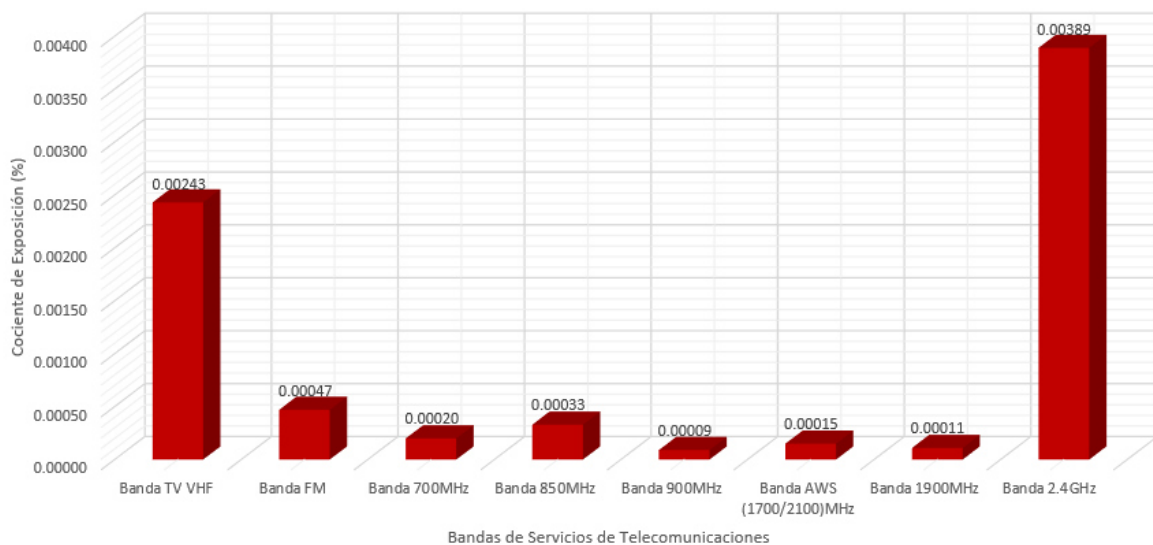


Figura 42. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para la Facultad de Educación

De la Figura 43, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda UHF TV con un valor de 0.00229% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.00532%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

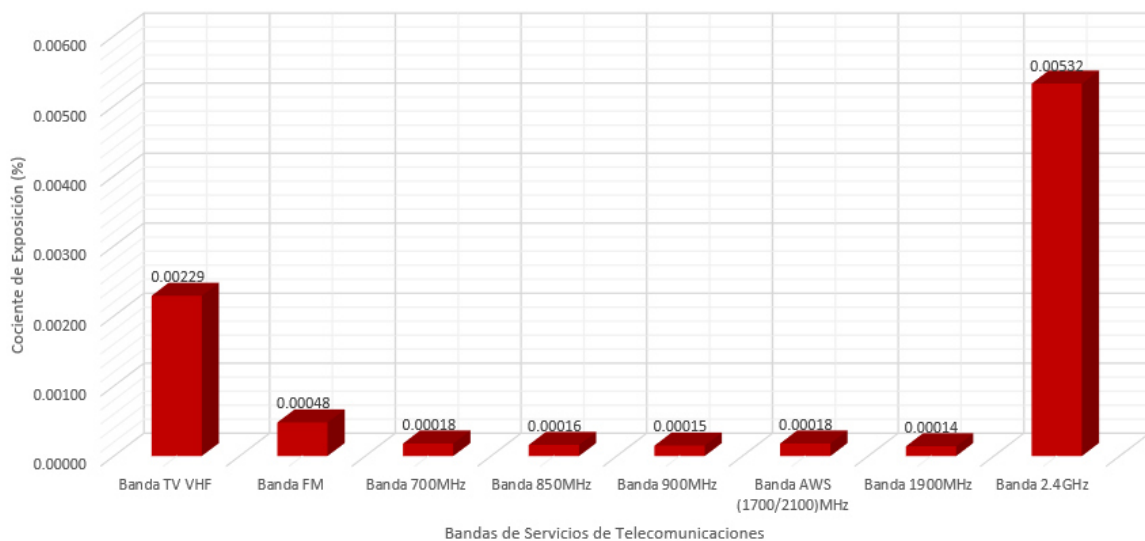


Figura 43. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en la Facultad de Educación.

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de las bandas de frecuencia para el Aula Universia de la Biblioteca Central

De la Figura 44, se observa que el mayor valor de cociente de exposición exceptuando la banda de Wi-Fi fue de la banda UHF TV con un valor de 0.00262% respecto al límite máximo permisible, según ICNIRP 98.

También se aprecia, el nivel de cociente de exposición de la banda de Wi-Fi es mayor con respecto a las siete bandas de los servicios de telecomunicaciones, con un valor de 0.056%, esto se debe a que existe una mayor influencia de las señales de Wi-Fi en el punto de medición debido a la cercanía que estaba la sonda isotrópica de medición con el access point.

A su vez, se extrapola, que las antenas de los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran alejadas al punto de medición, esto quedó demostrado con los bajos valores de cociente de exposición encontrados.

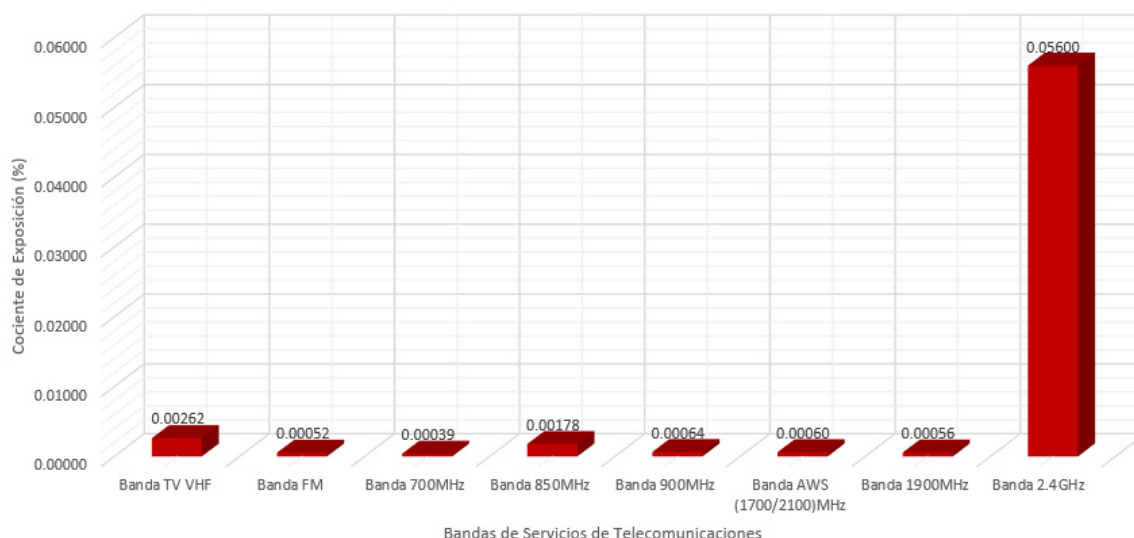


Figura 44. Gráfico comparativo entre las bandas de Wi-Fi y los servicios de telecomunicaciones en el Aula Universia de Biblioteca Central.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Como se mencionó en la metodología, para estas mediciones, se construyó un sistema de posicionamiento manual para la variación de los ángulos de elevación y azimut de las computadoras portátiles, con el objetivo de medir alrededor de todo el dispositivo.

Se buscó un ambiente adecuado para las mediciones, donde las señales de diversas fuentes no podían interferir en las mediciones de radiaciones no ionizantes de las computadoras portátiles, dichas mediciones se realizaron en el ambiente asignado al grupo de investigación: “Radiaciones No Ionizantes UNMSM”.

Se evaluó cinco laptops con las que cuenta el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, de un total de ocho computadoras portátiles, el criterio principal para la selección de estos dispositivos fue contar con la mayor variedad de marcas y modelos, de esa manera se procedió a analizar si discernían en los valores obtenidos.

En la Tabla 57, se encuentra las características de las laptops evaluadas.

Tabla 53

Características de las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Marca	Modelo	Dimensiones (WxDxH) (cm)	Estándar 802.11	Canal de frecuencia
ASUS	X556U	38.2 x 25.8 x 2.55	b,g,n	1
ADVANCE	AN-9471	38.1 x 24.5 x 2.35	b,g,n	1
HP	14-ac187la	34.54 x 24.15 x 2.39	b,g,n	1
TOSHIBA	Satellite CSS-CS212K	38.0 x 25.99 x 2.35	b,g,n	1
HP	HP Pavilion g4-1388la	23.6 x 33.9 x 3.56	b,g,n	1

Nota: Elaboración propia

La sonda isotrópica del equipo de medición selectivo SRM-3006, estaba ubicado a unos 0.30 m de la computadora portátil que se encontraba en el sistema de posicionamiento manual y a una altura de 1.30 m con respecto al piso.

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil ASUS- X556U

En la Tabla 59 se muestra los valores medidos de la computadora portátil ASUS-X556U con respecto a la variación de los ángulos de azimut y elevación, representados por la intensidad de campo eléctrico (V/m) y la densidad de potencia ($\mu W/m^2$).

Tabla 54

Medición en promediación temporal de la computadora portátil ASUS- X556U

Marca y Modelo del dispositivo	Orientación		Max Average Intensidad de campo eléctrico (mV/m)	Max Average Densidad de potencia ($\mu W/m^2$)
	θ (ángulo de elevación)	ϕ (ángulo de azimut)		
ASUS- X556U	0°	0°	171.4	49.93
	30°		146	49.1
	60°		118	35.76
	90°		171	31.59
	-90°		304.1	426.3
	-60°		270	113
	-30°		211.6	32.27
		30°	174.7	80.99
		60°	296	232.4
		90°	379.2	481.4
		120°	1351	5376
		150°	1932	9899
		180°	514.1	701.2
	0°	210°	658.7	1151
		240°	758.4	1525
		270°	211	118.1
		300°	188.7	94.4
		330°	409.6	444.9

Nota: Elaboración propia

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora

portátil ADVANCE- AN-9471

En la Tabla 60 se muestra los valores medidos de la computadora portátil ADVANCE- AN-9471 con respecto a la variación de los ángulos de azimut y elevación y están representados por la intensidad de campo eléctrico (V/m) y la densidad de potencia ($\mu W/m^2$).

Tabla 55

Medición en promediación temporal de la computadora portátil ADVANCE- AN-9471

Marca y Modelo del dispositivo	Orientación		Intensidad de campo eléctrico (mV/m)	Densidad de potencia ($\mu W/m^2$)
	θ (ángulo de elevación)	ϕ (ángulo de azimut)		
ADVANCE-AN-9471	0°	0°	210.7	117.8
	30°		145.5	56.15
	60°		57.65	8.816
	90°		59.06	8.274
	-90°		557.2	823.7
	-60°		63.68	10.76
	-30°		93.8	35.13
	0°	30°	103.5	28.43
		60°	237.8	150
		90°	164.5	71.75
		120°	145.1	55.86
		150°	541.5	777.7
		180°	114	34.45
		210°	124	40.78
		240°	119.3	37.73

270°	130	44.85
300°	118.9	37.51
330°	105.4	60.78

Nota: Elaboración propia

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil HP- 14-ac187la

En la Tabla 61 se muestra los valores medidos de la computadora portátil HP- 14-ac187la con respecto a la variación de los ángulos de azimut y elevación y están representados por la intensidad de campo eléctrico (V/m) y la densidad de potencia ($\mu W/m^2$).

Tabla 56

Medición en promediación temporal de la computadora portátil HP- 14-ac187la

Marca y Modelo del dispositivo	Orientación		Intensidad de campo eléctrico (mV/m)	Densidad de potencia ($\mu W/m^2$)
	θ (ángulo de elevación)	ϕ (ángulo de azimut)		
HP- 14-ac187la	0°	0°	109.3	31.71
	30°		77.9	16.1
	60°		57.6	8.799
	90°		62.94	10.51
	-90°		67.31	12.02
	-60°		53.98	7.728
	-30°		59.49	9.388
	0°	30°	133.5	47.31
		60°	321	273.3
		90°	354.9	334.1

120°	421.2	470.6
150°	432.6	496.4
180°	517.4	710.2
210°	125	41.45
240°	202.1	115.3
270°	166.2	73.24
300°	259	178
330°	150.8	60.32

Nota: Elaboración propia

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil TOSHIBA- Satellite CSS-CS212K

En la Tabla 62 se muestra los valores medidos de la computadora portátil TOSHIBA-Satellite CSS-CS212K con respecto a la variación de los ángulos de azimuth y elevación y están representados por la intensidad de campo eléctrico (V/m) y la densidad de potencia ($\mu W/m^2$).

Tabla 57
Medición en promediación temporal de la computadora portátil TOSHIBA- Satellite CSS-CS212K

Marca y Modelo del dispositivo	Orientación		Intensidad de campo eléctrico (mV/m)	Densidad de potencia ($\mu W/m^2$)
	θ (ángulo de elevación)	ϕ (ángulo de azimuth)		
TOSHIBA-Satellite CSS-CS212K	0°		179.6	85.58
	30°		329.6	288.2
	60°	0°	123.4	40.03
	90°		123.9	40.74
	-90°		218.8	127

-60°		303.9	245
-30°		239	157.5
0°	30°	191.8	97.63
	60°	153.1	62.14
	90°	227.4	137.1
	120°	293.5	228.6
	150°	411.9	450
	180°	783.9	1630
	210°	933.1	2309
	240°	535.4	760.4
	270°	268.2	190.8
	300°	291.2	224.9
	330°	245.9	160.4

Nota: Elaboración propia

Resultados de las mediciones de radiaciones no ionizantes de la computadora portátil HP- Pavilion g4-1388la

En la Tabla 63 se muestra los valores medidos de la computadora portátil HP- Pavilion g4-1388la con respecto a la variación de los ángulos de azimut y elevación y están representados por la intensidad de campo eléctrico (V/m) y la densidad de potencia ($\mu W/m^2$).

Tabla 58

Medición en promediación temporal de la computadora portátil HP- Pavilion g4-1388la

Marca y Modelo del dispositivo	Orientación		Intensidad de campo eléctrico (mV/m)	Densidad de potencia ($\mu W/m^2$)
	θ (ángulo de elevación)	ϕ (ángulo de azimut)		
HP- HP Pavilion g4-1388la	0°	0°	137.2	49.93

30°		136.1	49.1
60°		116.1	35.76
90°		109.1	31.59
-90°		400.9	426.3
-60°		207.2	113
-30°		110.3	32.27
	30°	132.8	54.09
	60°	306.5	244.7
	90°	127.7	43.26
	120°	140.6	52.45
	150°	138.7	51.01
	180°	195.1	103.1
0°	210°	130.6	45.22
	240°	199.7	105.8
	270°	155.1	63,78
	300°	185.8	91.55
	330°	171.2	77.75

Nota: Elaboración propia

Análisis de los resultados de la medición de radiación no ionizante de las computadoras portátiles de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

En la Tabla 64 se muestra las posiciones angulares de radiación no ionizante máxima con su respectiva intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia, para cada computadora portátil.

Tabla 59

Posiciones angulares con el nivel máximo de radiación no ionizantes

Marca y Modelo del dispositivo	Orientación		Max Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Max Densidad de potencia (mW/m^2)
	θ (ángulo de elevación)	ϕ (ángulo de azimut)		
ASUS- X556U	0°	150°	1.932	9.899
ADVANCE-AN-9471	-90°	0°	0.557	0.823
HP- 14-ac187la	0°	180°	0.517	0.710
TOSHIBA-Satellite CSS-CS212K	0°	210°	0.933	2.309
HP- HP Pavilion g4-1388la	-90°	0°	0.400	0.426

Nota: Elaboración propia

Observamos que no existe un nivel máximo de radiación no ionizante cuando la computadora portátil está al frente del usuario (ubicado en la dirección alejada de la parte frontal de la computadora portátil), es decir cuando está en $\theta = 0^\circ$ y $\phi = 0^\circ$. Los valores máximos encontrados son resultados de las antenas separadas montadas detrás de las esquinas superiores izquierda y derecha de las pantallas del ordenador portátil.

Incertidumbre de medición

La recomendación UIT-T K.83 establece que para verificación de los campos electromagnéticos en zonas de interés público estén dentro de los límites máximos permisibles, se debe tener en cuenta la incertidumbre de medición.

Para esta tesis se consideró las incertidumbres como del: equipo de medición, perturbación causada por el medio ambiente y la influencia del cuerpo del operador quien realiza las mediciones.

En la Tabla 65, se muestra las contribuciones de cada fuente de incertidumbre, la incertidumbre combinada y la expandida. Se consideró un factor de cobertura $k=2$, debido a que el equipo de medición esta calibrado con dicho factor, lo que significa que los límites de

la incertidumbre total corresponden a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. En el Apéndice I se muestra el certificado de calibración del equipo medidor selectivo Narda SRM 3006 y en el Apéndice J se presenta el certificado de calibración de la sonda isotrópica, donde se muestra el factor de cobertura (k) y el intervalo de confianza.

Tabla 60

Medida de incertidumbre expandida para este estudio

Fuentes de incertidumbre	Fuente del valor de la incertidumbre	Incertidumbre estándar (dB)
Medidor+sonda (en la frecuencia de operación 27MHz – 3GHz)	Datasheet del equipo	+1.35/-1.9
Perturbación causada por el medio ambiente	UIT-T K.83	0.58
Influencia del cuerpo	UIT-T K.83	0.77
Incertidumbre combinada		+1.66/-2.13
Factor de cobertura k=2		2
Incertidumbre expandida		+3.32/-4.26

Nota: Elaboración propia

Posibles efectos para la salud debido a la exposición de los campos electromagnéticos del sistema Wi-Fi

La exposición a los campos electromagnéticos de RF puede producir una absorción de energía y causar el calentamiento de los tejidos aumentando la temperatura corporal, este fenómeno se conoce como efecto térmico. “A frecuencias superiores a 10MHz el primer efecto aprobado científicamente que se produce es el calentamiento del tejido” (Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT], 2015). El cuerpo absorbe hasta 5 veces más RF de la radio FM y la televisión que las estaciones base y las tecnologías inalámbricas porque el cuerpo actúa como una antena receptora, como se puede apreciar en la Figura 45.

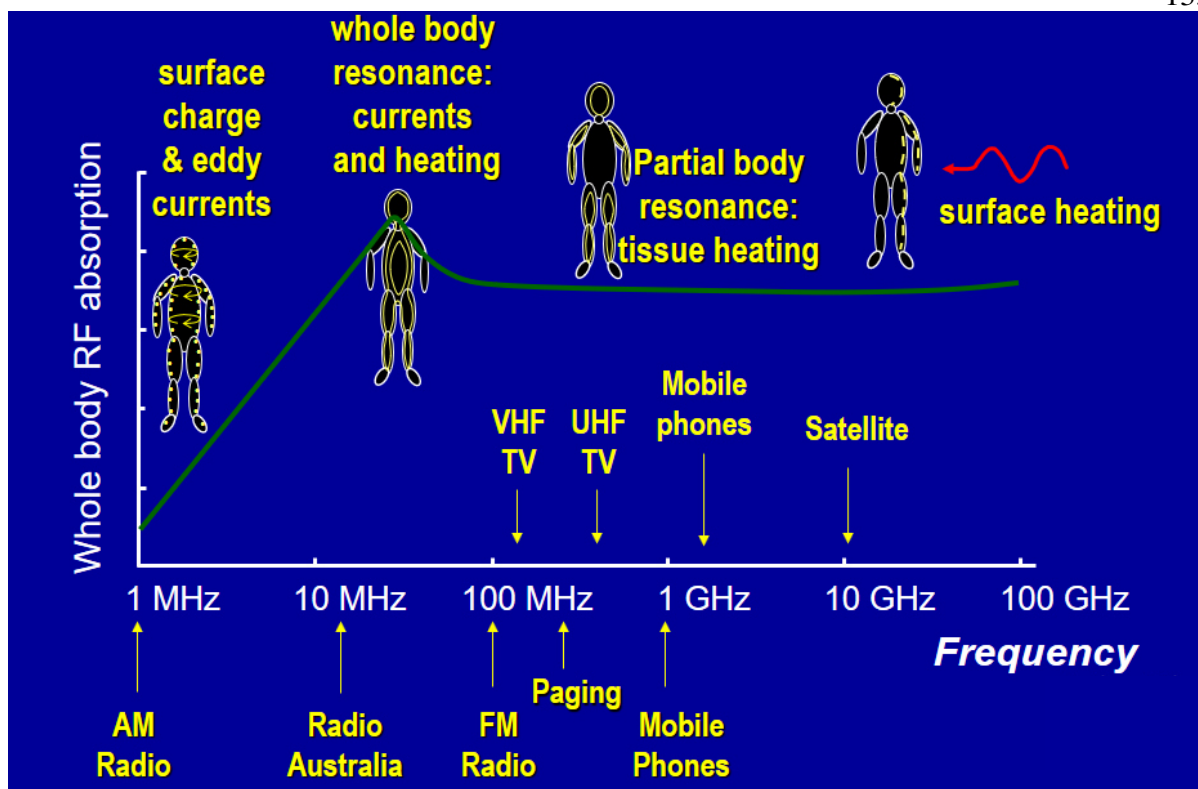


Figura 45. Absorción de RF en todo el cuerpo.

Fuente: Repacholi (2018)

Las guías ICNIRP están basados en efectos térmicos por más de 20 años, aún no se han encontrado algún mecanismo o estudios que estén por encima del estándar.

Generalmente las emisiones de radiaciones no ionizantes respecto a radiofrecuencia están entre 100 o 1000 veces por debajo de los límites ICNIRP.

Para ICNIRP el valor umbral SAR es 4W/kg, el cual generalmente produce un aumento de temperatura a 1°C en el cuerpo humano. Se necesita un factor de seguridad (factor de reducción) para asegurar que este umbral este por debajo, los límites ICNIRP se enfocan en trabajadores y público general (0.4 W/kg y 0.08 W/Kg respectivamente). Este factor de seguridad respecto al umbral es 10 veces para trabajadores y 50 veces para público en general (Repacholi, 2018).

Según la revisión científica que realiza la OMS, hasta el momento no se ha encontrado estudio alguno que indique la existencia de algún efecto adverso para la salud humana a corto

o largo plazo de las señales de RF producidas por las tecnologías inalámbricas (Repacholi, 2018).

“Los estudios en humanos y animales que examinan los patrones de ondas cerebrales, la cognición y el comportamiento después de la exposición a RF no han establecido ningún efecto adverso, incluso en exposiciones 1000 veces más altas que las redes inalámbricas” (Repacholi, 2018).

El objetivo de esta tesis no es el estudio biológico de las radiaciones no ionizantes de los campos electromagnéticos de RF, pero para concluir si existe un posible efecto a la salud debido a la exposición a las RNI producido por los sistemas Wi-Fi y computadoras portátiles, se hizo una revisión de la literatura internacional sobre estos estudios biológicos, la cual será un complemento a los resultados de las mediciones realizadas para poder concluir si existe un posible efecto a la salud humana. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha considerado que los estudios biológicos en animales que analizan los efectos a la vida temprana y la exposición prenatal con respecto a la exposición de la radiación no ionizante emitidos por los sistemas Wi-Fi, en el desarrollo y el comportamiento son necesidades prioritarias de investigación.

Estudios Biológicos

“Es una respuesta fisiológica medible a la exposición de CEM. No necesariamente esto debe ser evaluado como peligroso” (Repacholi, 2005).

Los estudios biológicos encontrados fueron estudios in-vivo, como:

Poulletier de Gannes et al. (2012) evaluaron los efectos de la exposición a señales Wi-Fi del sistema reproductivo de ratas macho y hembra. Las ratas machos fueron expuestas durante 3 semanas antes del apareamiento y las ratas hembras durante 2 semanas (n=36, respectivamente). Después del apareamiento, las parejas estuvieron expuestas durante 3 semanas más. Se usaron dos niveles de SAR exponiendo todo el cuerpo a: 0.08 y 4W/kg. El

presente estudio, no encontró influencia de la exposición sobre el peso corporal y los órganos reproductores masculinos y femeninos, así como tampoco malformación en los fetos. Los resultados proporcionan evidencia de una ausencia de efectos de la exposición a Wi-Fi en la fertilidad de ratas macho y hembra.

Laudisi et al. (2012) evaluaron los efectos de la exposición prenatal a campos electromagnéticos del sistema Wi-Fi a una frecuencia central de 2450 MHz, en ratones preñados. Los cuerpos de los ratones estuvieron expuestos a un valor de SAR de 4 W/kg, 2h por día, comenzando 5 días después del apareamiento y terminando 1 día antes de la entrega esperada. Se usaron los grupos de control y expuestos. No se observaron efectos sobre el recuento celular, el fenotipo, la proliferación de timocitos, las frecuencias de células CD4 CD8, la proliferación de células T y la producción de citoquinas. En conclusión, los resultados que encontraron no respaldan la hipótesis de que la exposición a señales Wi-Fi durante la vida prenatal produce efectos perjudiciales en el compartimiento de las células T.

Sambucci et al. (2011) expusieron ratones recién nacidos a señales WiFi con valores de SAR de 0,08 o 4 W/kg, 2 h/día, 5 días/semana, durante 5 semanas consecutivas, comenzando el día después del nacimiento. Los experimentos se realizaron con grupos control y expuestos. Para los análisis inmunológicos, los resultados en ratones recién nacidos hembras y machos expuestos durante la vida postnatal temprana no mostraron ningún efecto en todos los parámetros investigados. En conjunto, los resultados que obtuvieron no respaldan la hipótesis de que la exposición temprana a la vida postnatal a las señales Wi-Fi induce efectos perjudiciales sobre el sistema inmune en desarrollo.

Aït-Aïssa et al. (2012) evaluaron ratas preñadas, se expusieron libremente, 2 h/día y 5días/semana a una señal Wi-Fi de 2,45 GHz a valores de SAR en todo el cuerpo de 0.08, 0.4 y 4 W/kg, mientras que las ratas de control de la jaula se mantuvieron en la instalación animal (11 ratas). No se observó ningún cambio en la respuesta humoral de las crías jóvenes. Este

estudio proporcionó algunos datos sobre el resultado gestacional después de la exposición intrauterina a las señales de Wi-Fi. Bajo estas condiciones experimentales, concluyeron una falta de efectos adversos de la exposición a Wi-Fi durante el parto y el estado general de los animales.

Discusión de resultados

Para la medición de los access point

En el caso de las mediciones de los access point en las diez facultades se encontró niveles de radiaciones no ionizantes entre 34.67mV/m a 1.099V/m en promediación temporal y en promediación espacial se tiene intensidades de campo eléctrico de 41.02V/m a 1.819V/m, valores que están dentro del rango de los resultados del estudio realizado por (Del Valle, Valdez, Miranda & Schlesinger, 2012) donde encontraron intensidades con una variación de 0.73 a 5.21V/m cuya evaluación también fue en un ambiente universitario en la Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste en Argentina. Y en contraste con el estudio de Turquía (Gökmen et al., 2016) que tienen como resultado valores desde 0.000578V/m a 3.548V/m, se puede decir que los valores encontrados en esta tesis, son menores con respecto a dicho estudio; demostrando de esta manera que están por debajo de los límites máximos permisibles según la norma ICNIRP 98.

Para el caso de ambientes interiores, se realizó mediciones en el centro de cada cuadrícula y se obtuvo valores entre 0.00004% y 0.039%, pero si consideramos los casos especiales se obtuvo hasta un 0.114% en promediación temporal y en promediación espacial se encontró hasta un 0.084%, estos valores están dentro de los resultados obtenidos en el estudio de (Industry Canadá, 2012) donde realizaron mediciones de la misma forma, con división de cuadrículas, tuvieron resultados de hasta 0.75% con respecto a la norma ICNIRP 98. Los niveles de cociente de exposición medidos en la presente tesis, en espacios como: salones y oficinas, están en el mismo nivel con respecto al estudio de Nueva Zelanda (Gledhill, 2014) donde obtuvieron valores hasta un 0.024% del nivel de referencia de público en general.

Con respecto al estudio (Karan, As y Şahin, 2017) donde hicieron mediciones en viviendas en Argentina, encontraron valores máximos promedios de intensidad de campo eléctrico desde 0.03V/m a 1.61 V/m, valores que están casi en el mismo rango que los resultados obtenidos en la presente tesis que fueron valores promedios entre 34.67mV/m a 1.099V/m en promediación temporal y en promediación espacial se tiene intensidades de campo eléctrico de 41.02mV/m a 1.819V/m.

Estudios actuales como (Nájera, Alpuente, Gonzales, Sanchez & Luis, 2018) analizaron los niveles de exposición de campos electromagnéticos de radiofrecuencia determinada por dos equipos: una sonda isotrópica de banda ancha (NARDA EM-300) y un exposímetro personal PEM (Satimo EME Spy 140), obteniendo como resultados intensidades de 0.438V/m y 0.281V/m, de cada equipo respectivamente. Son valores que se encuentran en el rango del resultado de las mediciones de esta tesis. Al igual que la presente tesis presenta mediciones en ambientes interiores, también (Necz, Nagy & Thuroczy, 2018) midieron el nivel de exposición a RF en campo eléctrico en espacios similares, teniendo como resultados valores menores a 0.25V/m, siendo este valor muy inferior al valor máximo promedio encontrado en este estudio que es de 1.819V/m.

Para el presente estudio se usó el equipo Narda SRM 3006 y se consideró una incertidumbre expandida de +3.32/-4.26dB ya que no solo se tomó en cuenta la incertidumbre del equipo sino también del operador y del ambiente. A diferencia de la investigación que realizaron (Trček, Valič & Gajšek, 2018) donde solo consideraron la incertidumbre del equipo Narda de ± 2.9 dB, encontrando como valor máximo (E_{max}) 0.474 V/m y valor promedio (E_{avg}) 0.092 V/m en áreas urbanas, valores que están en el rango de los obtenidos en esta tesis.

Para la medición de las computadoras portátiles

Esta investigación realizó mediciones de las laptops en un ambiente que a su alrededor no había presencia de otras fuentes de radiación electromagnética más que del dispositivo en evaluación

Para la medición de las laptops se varió los ángulos de azimut y elevación para obtener valores de las intensidades de campo eléctrico alrededor del dispositivo, se obtuvo valores entre 3.51V/m a 7.639V/m y en densidad de potencia se encontró valores entre 32.67mW/m² a 154.8mW/m², los valores máximos fueron entre los ángulos de elevación 0° y -90° y entre los ángulos de azimut 0°, -30°, -150° y 150°. Estos valores comparados con el estudio de (Peyman et al. 2011) son mayores, se debe tener en cuenta que en esa investigación usaron una cámara anecoica para realizar sus mediciones y usaron una antena horn Q-par Angus QSH12N10S para captar la intensidad de campo eléctrico. En cambio, las mediciones presentadas no fueron realizadas en un ambiente con las características de una cámara anecoica y se usó un equipo medidor selectivo Narda SRM 3006, por lo que los resultados obtenidos fueron superiores.

Contrastando con el estudio publicado en el BioEM 2018 (la reunión anual conjunta de la Sociedad Bioelectromagnética y la Asociación Europea Bioelectromagnética) (Gryz, Karpowicz & Zradziński, 2018), se tiene valores en el mismo rango ya que también usaron el equipo Narda SRM 3006 donde solo se midió en el canal de frecuencia que trabajaba cada dispositivo, la diferencia es que en dicho estudio usaron una cámara anecoica para sus mediciones por lo que obtuvieron valores inferiores de 7V/m, en cambio en la presente tesis se obtuvo hasta un 7.639V/m porque se estuvo a 10m de distancia del acces point que estaba en conexión con la computadora portátil y no se contaba con un ambiente con un revestimiento de material absorbente de radiofrecuencia como el de una cámara anecoica.

Capítulo 5

Conclusiones

- ✓ Las mediciones de radiaciones no ionizantes realizadas en el presente trabajo de tesis fueron ejecutadas de manera óptima ya que se siguió detalladamente los métodos planteados en el protocolo de medición, dicho documento tiene como principal característica la recopilación de los principales procedimientos que recomiendan estudios internacionales y la adecuación de la misma a la realidad peruana, a su vez este protocolo se encuentra debidamente validado por un especialista en el tema.
- ✓ Para las mediciones en promediación temporal en las 10 facultades de la UNMSM se obtuvo valores máximos promedios de intensidad de campo eléctrico y cociente de exposición poblacional en ambiente interiores de 34.67mV/m a 1.099V/m y de 0.00004% a 0.039%, respectivamente. Y para ambientes exteriores se tiene valores entre 35mV/m a 788.4mV/m y 0.00004% a 0.017%, respectivamente. Si se considera las mediciones de los casos especiales donde se obtuvo un valor máximo promedio de 2.360V/m y 0.114%. Se concluye que los valores encontrados están muy por debajo de los límites máximos permisibles (61V/m), según la norma ICNIRP 98, por ende, las radiaciones no ionizantes emitidas por los sistemas Wi-Fi de las diez facultades de la UNMSM no puede causar algún efecto contra la salud de los estudiantes.
- ✓ Para las mediciones en promediación espacial en las 10 facultades de la UNMSM se obtuvo valores máximos promedios de intensidad de campo eléctrico y cociente de exposición poblacional entre 41.02mV/m a 1.819V/m y 0.00006 % a 0.084%, respectivamente. Esta promediación es mucho más detallada que la promediación temporal ya que solo se fija la medición en el punto con mayor valor de intensidad de campo eléctrico y cociente de exposición, según los resultados se puede concluir que

los valores siguen estando debajo de los límites máximos permisibles, según la norma ICNIRP 98.

- ✓ Para la medición en las computadoras portátiles se obtuvo valores máximos promedios cuando las antenas separadas montadas detrás de las esquinas superiores izquierda y derecha de las pantallas de los dispositivos, estaban ubicadas de forma directa hacia la sonda de medición del equipo medidor selectivo, donde la laptop se encontraba entre los ángulos de elevación y azimuth (0° , 150°), (-90° , 0°), (0° ; 180°), (0° , 210°) y (-90° , 0°), respectivamente. Con una intensidad de campo eléctrico que varía entre 0.4V/m a 1.932V/m y una densidad de potencia entre 0.426mW/m^2 a 9.899mW/m^2 . Con estos resultados se observó que no existe un nivel máximo de radiación no ionizante cuando la laptop está al frente del usuario, es decir, cuando está ubicado en dirección alejada de la parte frontal del ordenador portátil. Estos valores contrastados con la normativa ICNIRP 98 también se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles.
- ✓ Existe una relación inversamente proporcional entre la distancia y los niveles de radiaciones no ionizantes medidos en los access point de los sistemas Wi-Fi. Esto se comprobó con las mediciones realizadas ya que se observó que a mayor distancia existía una menor intensidad de campo eléctrico y cociente de exposición poblacional; también se realizó un análisis estadístico, evaluando la correlación de Spearman, para ambientes exteriores se obtuvo un valor de coeficiente de correlación -0.645 , esto quiere decir que es una correlación negativa considerable (“A mayor distancia Antena-Sonda menor cociente de exposición”) y para ambientes interiores se tuvo como resultado el coeficiente de correlación -0.422 , esto quiere decir que es una correlación negativa media (“A mayor distancia Antena-Sonda menor cociente de exposición”). Ambos valores de correlación son significativos en el nivel del 0.000

(menor del 0.01) lo que significa que se tiene el 99% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo el 1% de posibilidad de error al aceptar el resultado de la correlación.

- ✓ Según la literatura internacional, sobre los estudios biológicos, proporcionan como resultados la evidencia de una ausencia de efectos adversos a la exposición de radiaciones no ionizantes provenientes de las señales Wi-Fi. Esta revisión de estudios internacionales con los resultados del presente estudio consolida la conclusión de que las radiaciones no ionizantes emitidas por sistemas Wi-Fi no superan los límites máximos permisibles según ICNIRP 98 y no causan ningún efecto adverso a la salud humana.

Recomendaciones

- ✓ Se debe de seguir una correcta metodología para las mediciones de radiaciones no ionizantes y para tener valores más exactos de dichas mediciones, se recomienda ejecutarlas en un ambiente controlado como puede ser un laboratorio con una cámara anecoica, ya que cuenta con las características para atenuar cualquier señal externa que no sea de los sistemas Wi-Fi y de las computadoras portátiles a ser evaluadas.
- ✓ Es importante considerar la absorción de energía de radiofrecuencia en el cuerpo de una persona cercana a los dispositivos (access point u ordenador portátil), por ello, es recomendable realizar un estudio sobre la evaluación del SAR (tasa de absorción específica) de la exposición a las señales Wi-Fi y las computadoras portátiles.

Referencias bibliográficas

- Blegen, C. (2013). The Evolution of Wi-Fi [Blog]. [Acceso 20 de setiembre 2018].
Recuperado de: <http://blog.dlink.com/the-evolution-of-wi-fi/>
- Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer [IARC] (2018). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Volume 80. Lyon, IARC Press.
Recuperado de: <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>.
- Comercio Exterior en el Perú. (2016). Productividad en línea. Recuperado de:
<https://comexperu.org.pe/en/articulo/productividad-en-linea>
- Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes [ICNIRP].
(1998). Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo (hasta 300 GHz). Health Phys, 74(4):494-522.
- Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes [ICNIRP].
(2009). Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz to 300 GHz). [acceso 15 de agosto de 2018].
Disponible en <http://www.icnirp.de/>.
- Consejo de Seguridad Nuclear [CSN]. Radiaciones ionizantes [sitio Web]. España: Autor,
[acceso 20 de agosto de 2018]. Disponible en <https://www.csn.es/radiaciones-ionizantes>
- Cruz, V. (agosto de 2014). Campos electromagnéticos. *Curso taller las radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones y sus efectos en la salud*. Conferencia llevado a cabo en el Curso Taller de radiaciones no ionizantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Cruz, V., Chávez, W., Ruiton, L., Livia, C., Guevara, B., Vásquez, A., Hernández, J., &

Shoymer, D. (2015). Evaluación de radiaciones no ionizantes de la red Wi-Fi en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista Theorema UNMSM*, 2(3), 119-132.

Cruz, V. (2016). Efectos de la exposición crónica a campos magnéticos de niveles existentes en la ciudad de Lima sobre la salud reproductiva de ratones machos (tesis doctoral).

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera Metalúrgica y Geográfica, Lima, Perú.

Del Valle, E., Valdez A., Miranda, A., Schlesinger, P. (2012). Radiaciones no ionizantes en zonas urbanas. I Jornadas Regionales de Investigación en Ingeniería. Recuperado de: http://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1089/RIUNNE_Art%C3%ADculo_de_conferencia_Del_Valle.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Discovery Salud [DSalud]. (2010). Wi-Fi en las escuelas: nuevo peligro para la salud de nuestros hijos [sitio Web]. España: DSaIud, [acceso 25 de julio de 2018]. Disponible en <https://www.dsalud.com/reportaje/wifi-en-las-escuelas-nuevo-peligro-para-la-salud-de-nuestros-hijos/>

Federal Office of Public Health [FOPH]. (2016). Wlan [sitio Web]. Canada: FOPH, [acceso 2 10 de Setiembre de 2018]. Disponible en <https://www.bag.admin.ch/bag/en/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/emf.html>

- Findlay, R., & Dimbylow, P. (2010). SAR in a child voxel phantom from exposure to wireless computer networks (Wi-Fi). *Physics In Medicine And Biology*, 55(15), N405-N411. doi: 10.1088/0031-9155/55/15/n01
- Forouzan, B. (2008). *Transmision De Datos Y Redes De Comunicaciones*. España: S.A. McGraw-Hill / Interamericana de España
- Garrido Koechlin, J. (2014). Los jóvenes copan la navegación en las redes Wi Fi de Lima. Periódico El Comercio. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/economia/peru/jovenes-copan-navegacion-redes-wi-fi-lima-182279>
- Geier, J. (2005). *Wireless networks first-step* (pp. 37-50). Indianapolis, IN: Cisco Press.
- Gledhill, M. (2014). *Exposures to radiofrequency fields from WiFi in New Zealand schools* (pp. 1-26). Wellington: EMF Services. Recuperado de <https://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/wifi-in-nz-schools.pdf>
- Gökmen, N., Erdem, S., Toker, K., Ocmen, E., Gokmen, B., & Ozkurt, A. (2016). Analyzing Exposures to Electromagnetic Fields in an Intensive Care Unit. *Turkish Journal Of Anesthesia And Reanimation*, 44(5), 236-240. doi: 10.5152/tjar.2016.98470
- Gryz, K., Karpowicz, J., & Zradzinski, P. (2018). EMF exposures near the electrical gastronomy devices – low and radiofrequency evaluation. En BioEM2018. Slovenia.
- Horno. A, & Javier. J. (2008). *Redes de área local inalámbricas: Diseño de la WLAN de wheelers lane technology college (Capítulo 2)*. España: Universidad de Sevilla. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11579/fichero/f.+Capítulo+2+-+Familia+IEEE+802.11.pdf>

- Industry Canada. (2012). Case Study: Measurements of Radio Frequency Exposure from Wi-Fi Devices (pp. 1-41). Ottawa: Industry Canada. Recuperado de:
[https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/Wifi-e.pdf/\\$FILE/Wifi-e.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/Wifi-e.pdf/$FILE/Wifi-e.pdf)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE]. (2016). *802.11-2016 - IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*. Nueva York: IEEE. Recuperado de:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7786995>
- International Agency For Research On Cancer. (2011, 31 mayo). La IARC Clasifica a los Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia Como Posiblemente Carcinógeno en Humanos [Comunicado de prensa]. Recuperado de:
https://www.peccem.org/DocumentacionDescarga/Legislacion/IARC.WHO_31.05.11_cast.pdf
- Karan, Y., As, N., & Şahin, M. (2017). Investigation of GSM, LTE and Wi-Fi Electromagnetic Radiation in Dwellings. *Acta Physica Polonica A*, 132(3), 509-512. doi: 10.12693/aphyspola.132.509
- Kuhn, S., Lott, U., Kramer, A., & Kuster, N. (2007). Assessment Methods for Demonstrating Compliance With Safety Limits of Wireless Devices Used in Home and Office Environments. *IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility*, 49(3), 519-525. doi: 10.1109/temc.2007.903042

- Juárez - Castillo, A., & Nájera, A. (2018). Spatial variations of personal exposure to radiofrequency electromagnetic fields at the University of Castilla-La Mancha (Spain). En BioEM2018. Slovenia.
- Laudisi, F., Sambucci, M., Nasta, F., Pinto, R., Lodato, R., & Altavista, P. et al. (2012). Prenatal exposure to radiofrequencies: Effects of WiFi signals on thymocyte development and peripheral T cell compartment in an animal model. *Bioelectromagnetics*, 33(8), 652-661. doi: 10.1002/bem.21733
- Martin Gledhill. (2014). Exposures to radiofrequency fields from WiFi in New Zealand schools (pp. 1-26). Otago: EMF Services. Recuperado de:
[http://www.moh.govt.nz/notebook/nbbooks.nsf/0/E56716622466312ECC257CAF006A3B3C/\\$file/wifi-in-nz-schools.pdf](http://www.moh.govt.nz/notebook/nbbooks.nsf/0/E56716622466312ECC257CAF006A3B3C/$file/wifi-in-nz-schools.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2005, 03 febrero). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes [Decreto Supremo]. Recuperado de
http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds-010-2005-pcm_eca_rni.pdf
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2003, 6 agosto). Establecen Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones [Decreto Supremo]. Recuperado de
<https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/normas/legales/documentos/directivas/ds038-03.pdf>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC]. (2004, 18 agosto). Aprueban norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes [Resolución Ministerial]. Recuperado de

[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/A9CBFD235A1B20E705257C7C006F387D/\\$FILE/1_pdfsam_RM-612-2004\(18-08-2004\).pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/A9CBFD235A1B20E705257C7C006F387D/$FILE/1_pdfsam_RM-612-2004(18-08-2004).pdf)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC]. (2004, 19 agosto). Aprueban norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes [Resolución Ministerial]. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/regulacion_internacional/regulacion/documentos/marco_normativo_radiaciones/R.M.%20N%C2%BA%20613-2004-MTC%2003.pdf

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013, 18 abril). Condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 915 - 928 MHz, 916 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz, 5 470 - 5 725 MHz y 5 725 - 5 850 MHz [Resolución Ministerial]. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-la-rm-n-777-2005-mtc03-y-la-nota-p57a-del-plan-resolucion-ministerial-n-199-2013-mtc03-925412-1/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). Boletín Estadístico II - 2017 (pp. 6-15). Lima: MTC. Recuperado de: https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/regulacion_internacional/estadistica_catastro/documentos/2017/Bolet%C3%ADn%20II%202017.pdf

Nájera, A., Alpuente-Hermosilla, J., Gonzalez-Rubio, J., Sanchez-Montero, R., & Luis, P. (2018). Exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) assessment: comparison between spot and personal exposimeter measurements in Taracón (Spain). En BioEM2018. Slovenia.

Necz, P., Nagy, N., & Thuroczy, G. (2018). Microenvironmental RF exposimetry in kindergartens. En BioEM2018. Slovenia.

Narda Safety Test Solutions. *SRM-3006 Selective Radiation Meter Manual de operación*.

Recuperado de <https://www.narda-sts.com/en/selective-emf/srm-3006-field-strength-analyzer/>

Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones [OSIPTEL]. (2017).

Servicio de internet residencial (pp. 1-4). Lima: OSIPTEL. Recuperado de:

<https://www.osiptel.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/par/servicio-de-internet-fijo-2018-agosto/internet-fijo-2018-8.pdf>

Peyman, A., Khalid, M., Calderon, C., Addison, D., Mee, T., Maslanyj, M., & Mann, S.

(2011). Assessment of exposure to electromagnetic fields from wireless computer networks (Wi-Fi) in schools; results of laboratory measurements. *Health Physics*, 100(6), 594-612. doi: 10.1097/hp.0b013e318200e203

Poullietier de Gannes, F., Haro, E., Hurtier, A., Taxile, M., Athane, A., & Ait-Aissa, S. et al.

(2012). Effect of In Utero Wi-Fi Exposure on the Pre- and Postnatal Development of Rats. *Birth Defects Research Part B: Developmental And Reproductive Toxicology*, 95(2), 130-136. doi: 10.1002/bdrb.20346

Repacholi, M. (2005). *Proyecto Internacional CEM de la OMS y la Evaluación de los*

Riesgos a la Salud de la Exposición a Campos de RF. Conferencia, Ginebra, Suiza.

Recuperado de: http://webs.ucm.es/info/ccfis/Temporales/Repacholi_UCM_13-10-05.pdf

Repacholi, M. (octubre de 2018). Methodoly used to develop ICNIRP standards. En V. Cruz

(Presidencia), *Taller y Foro Internacional de Radiaciones no Ionizantes: Estudios de*

investigación, estándares y mediciones. Conferencia llevada a cabo en el Foro Internacional de Radiaciones no Ionizantes, Lima, Perú.

Sambucci, M., Laudisi, F., Nasta, F., Pinto, R., Lodato, R., & Lopresto, V. et al. (2011). Early life exposure to 2.45GHz WiFi-like signals: Effects on development and maturation of the immune system. *Progress In Biophysics And Molecular Biology*, 107(3), 393-398. doi: 10.1016/j.pbiomolbio.2011.08.012

Schmid, G., Lager, D., Preiner, P., Uberbacher, R., & Cecil, S. (2007). Exposure caused by wireless technologies used for short-range indoor communication in homes and offices. *Radiation Protection Dosimetry*, 124(1), 58-62. doi: 10.1093/rpd/ncm245

The Consultative Committee for Space Data Systems [CCSDS]. (2017). *Wireless Network Communications Overview for space Mission Operations*. Washington, USA: Autor

Trček, T., Valič, B., & Gajšek, P. (2018). Radio frequency electromagnetic fields exposure assessment in different environment in Slovenia. En BioEM2018. Slovenia.

Triola, M. (2009). *Estadística* (pp. 94-102). Naucalpán de Juárez: Pearson.

Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT]. (2005). *Evaluación de los campos procedentes de los sistemas de transmisión de radiodifusión terrenal que funcionan en cualquier banda de frecuencias para determinar la exposición a radiaciones no ionizantes*. Ginebra: UIT. Recuperado de: <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1698/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT]. (2015). *ITU EMF Guide - Human exposure guidelines*. Recuperado de: <http://emfguide.itu.int/emfguide.html>

Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT]. (2018). K.61 Guidance on measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human

exposure limits for telecommunication installations. Recuperado de
<https://www.itu.int/rec/T-REC-K.61-201801-I/en>

Wi-Findings by D-Link. (2013). The Evolution of Wi-Fi. Recuperado de:
<http://blog.dlink.com/the-evolution-of-wi-fi/>

Young, H., Sears, F., Zemansky, M., & Freedman, R. (2013). Física universitaria (pp. 1000-1020). México: Pearson.

Apéndice A: Procedimiento de las mediciones

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 46 se muestra los datos del access point con SSID: UNMSM de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el tercer piso al frente del aula 306, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

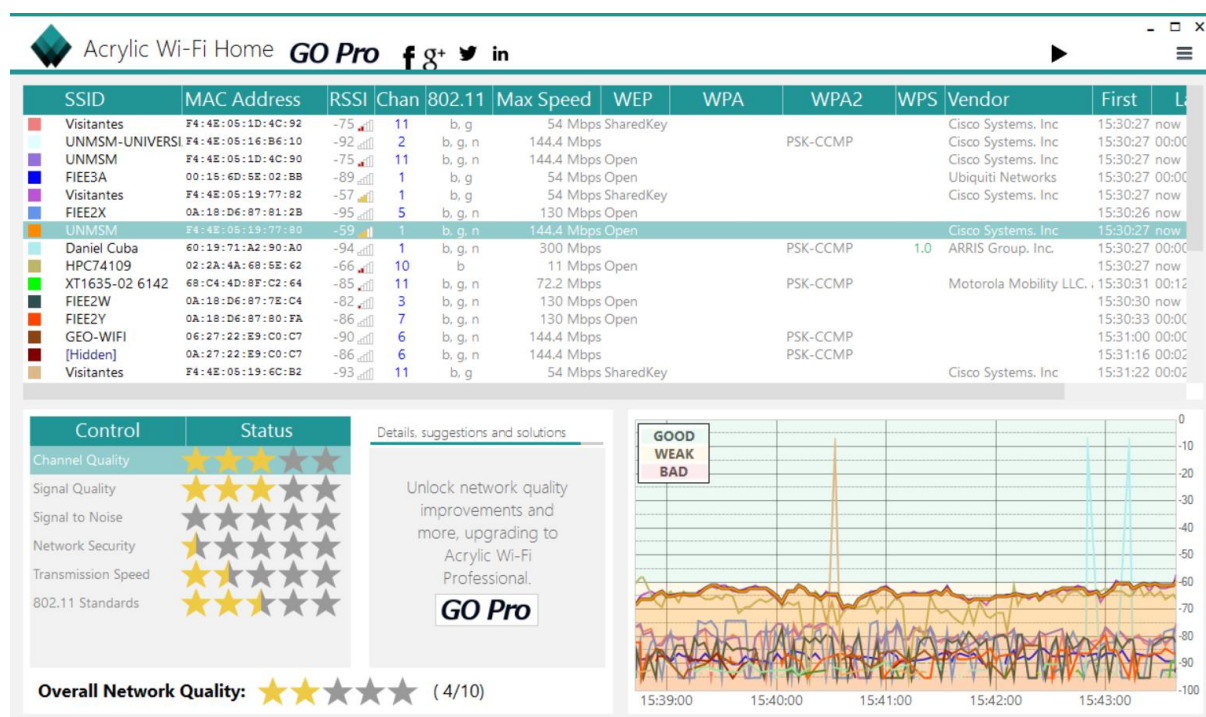


Figura 46. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 47 se muestra los datos del access point con SSID: UNMSM de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el tercer piso al frente del aula 313, adicionalmente

se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

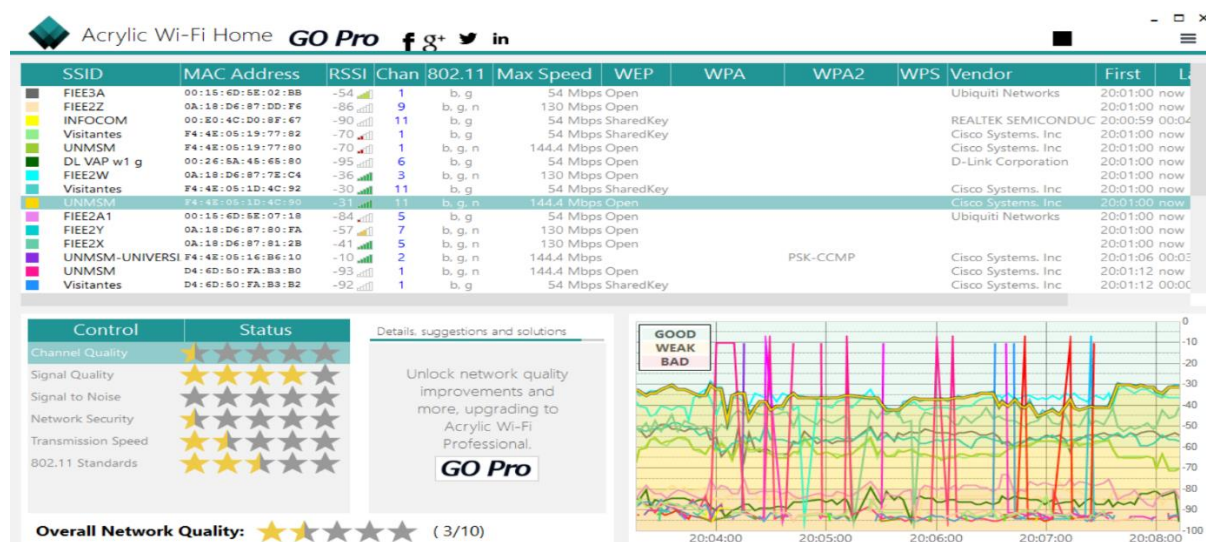


Figura 47. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313 usando el Software Acrylic.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 48 se muestra los datos del access point con SSID: FIEE 2X de marca y modelo Ubiquiti Unifi AP-Outdoor ubicado en las escaleras del tercer piso, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

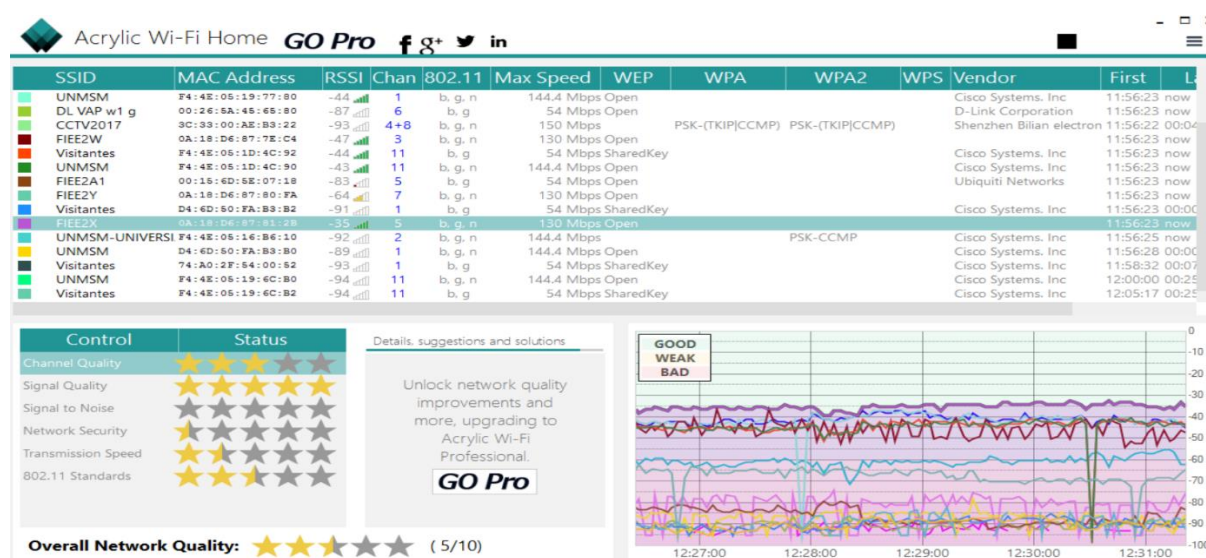


Figura 48. Características generales para el access point FIEE 2X ubicado en las escaleras del tercer piso usando el Software Acrylic.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 49 se muestra los datos del access point con SSID: FIEE 2A1 de marca y modelo Ubiquiti Unifi AP-Outdoor ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

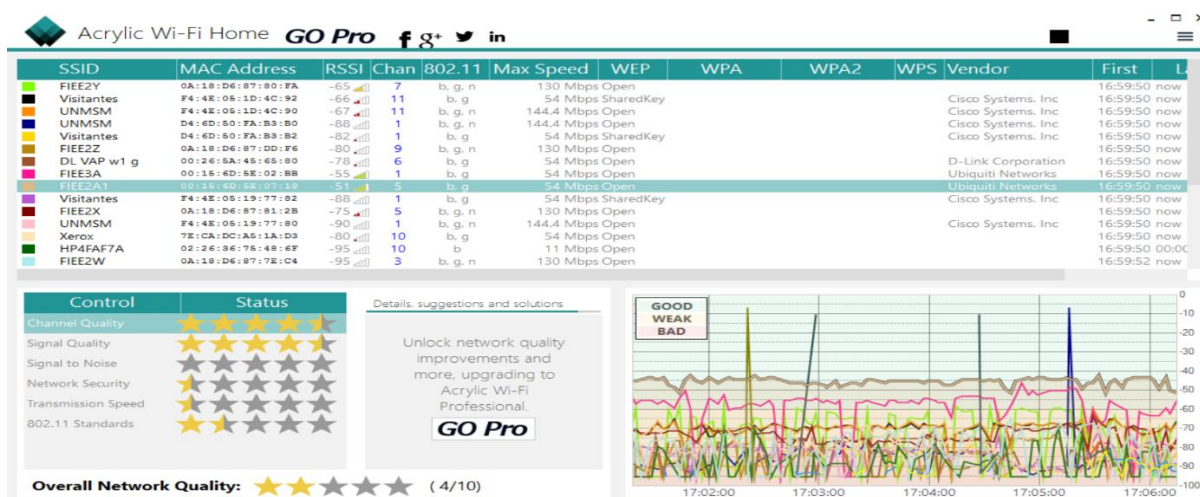


Figura 49. Características generales para el access point FIEE 2A ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 50 se muestra los datos del access point con SSID: UNMSM de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el primer piso en la sala de estudio, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

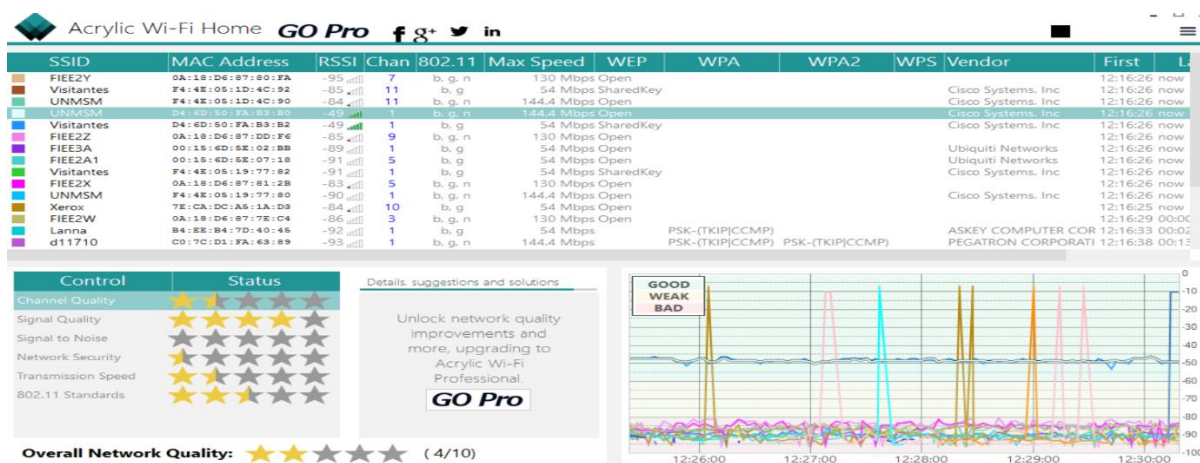


Figura 50. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el primer piso en la sala de estudio usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 51 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID: UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

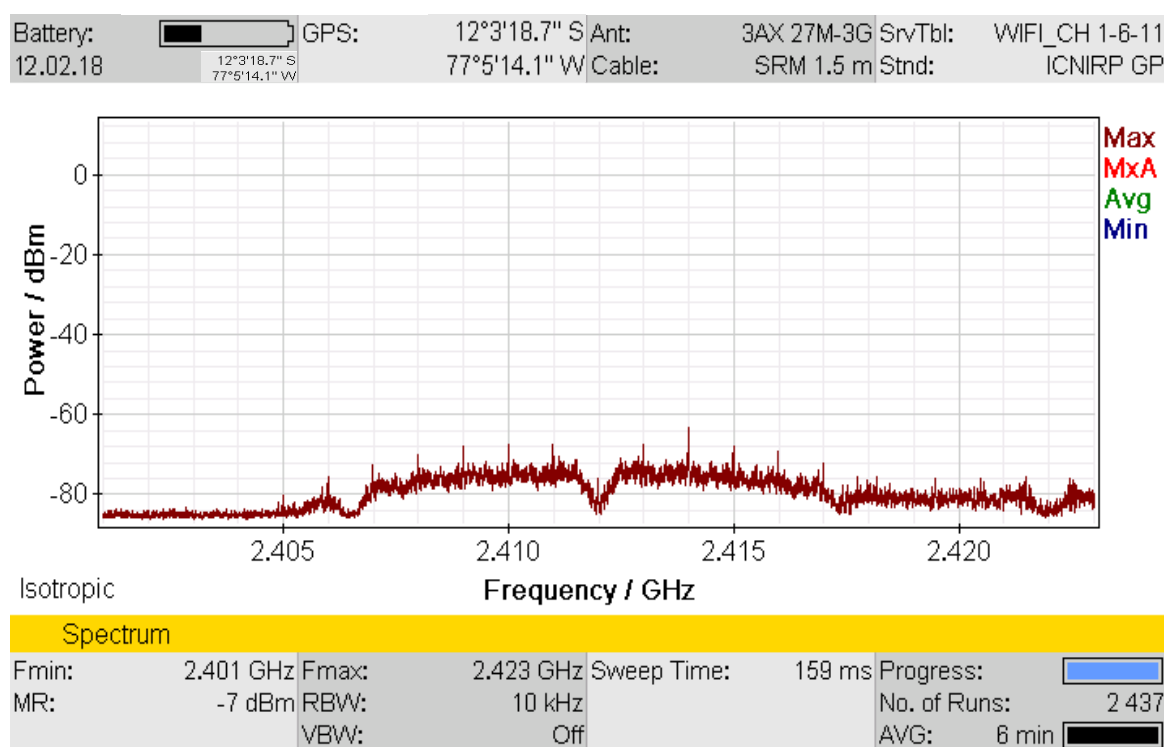


Figura 51. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 52 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID: UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

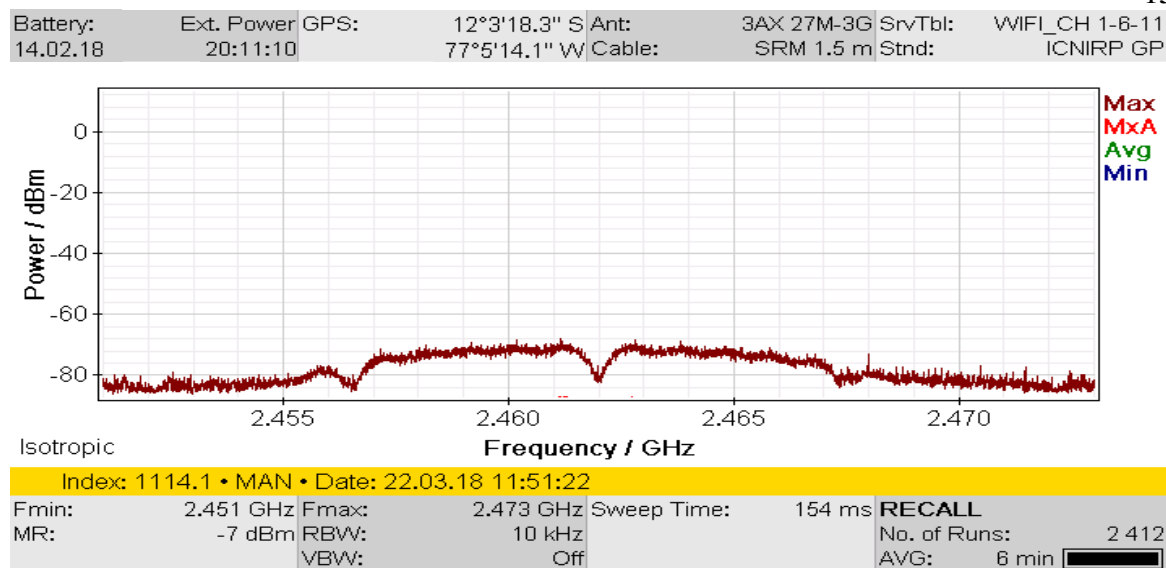


Figura 52. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 53 se muestra el espectro del canal de operación 05 del access point con SSID FIEE 2A1 ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

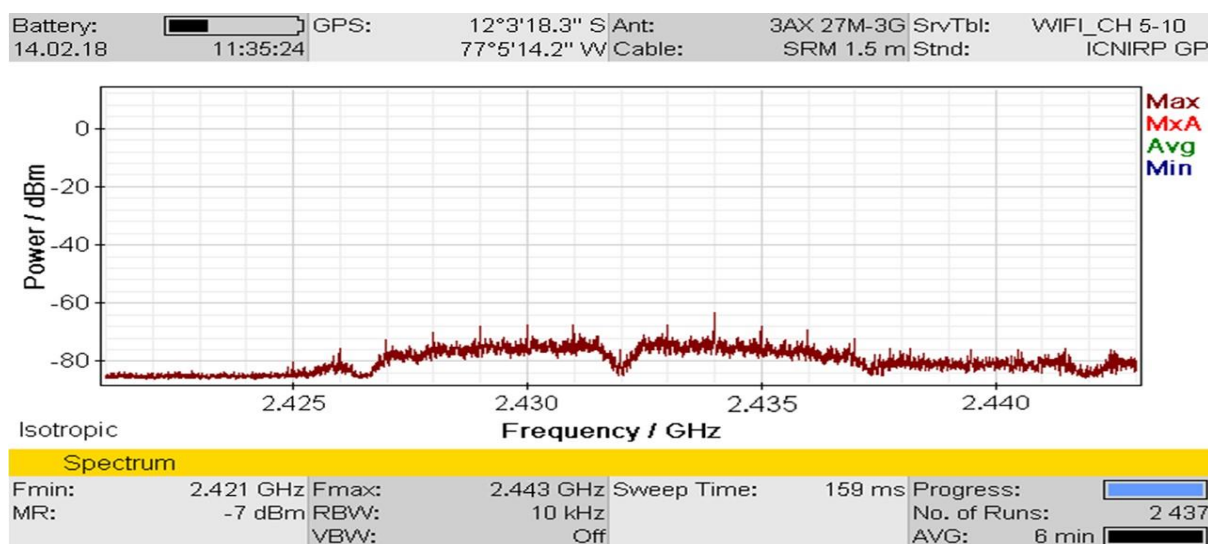


Figura 53. Espectro del canal de frecuencia 05 del access point UNMSM ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 54 se muestra el espectro del canal de operación 05 del access point con SSID FIEE 2X ubicado en la escalera del segundo piso, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

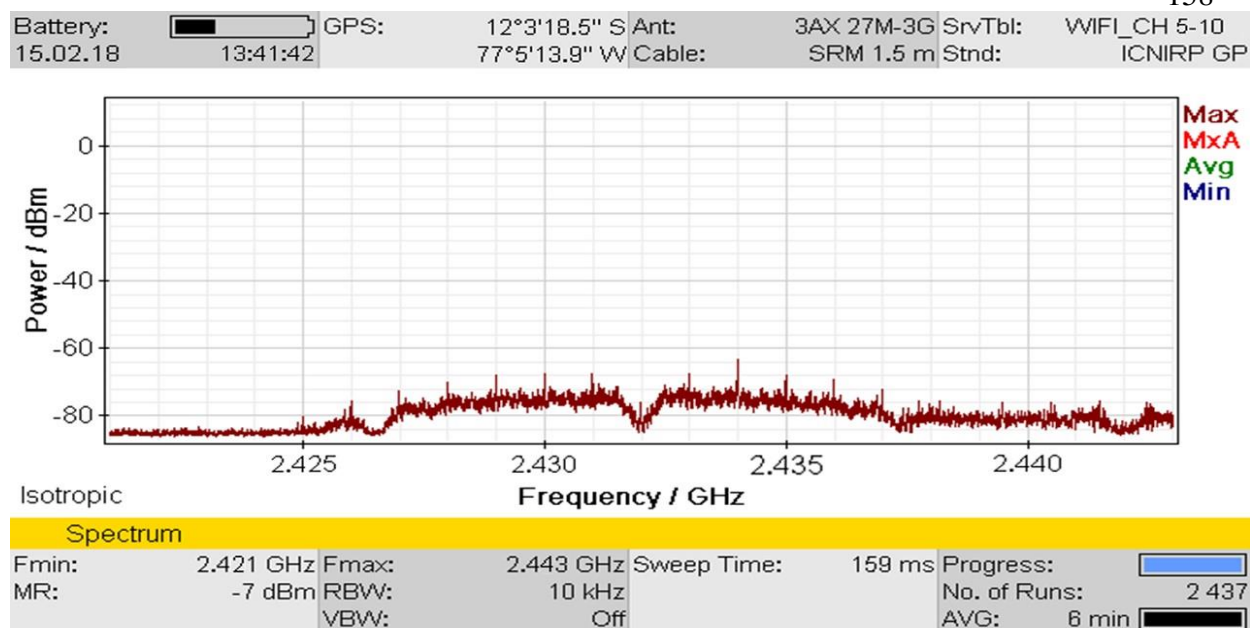


Figura 54. Espectro del canal de frecuencia 05 del access point UNMSM ubicado en la escalera del segundo piso.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 55 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID UNMSM ubicado en la sala de estudio, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

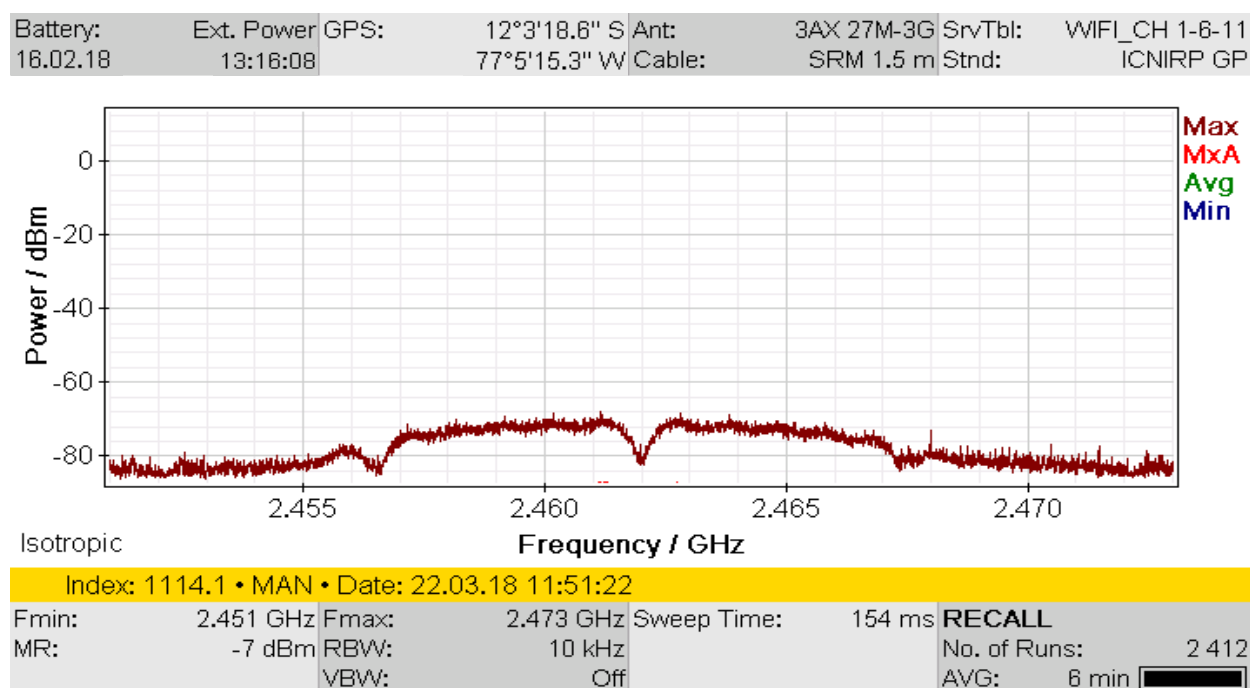


Figura 55. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point UNMSM ubicado en la sala de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan TrafficV2 simulando 16 conexiones de manera simultánea.

En la Figura 56 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID: UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306.

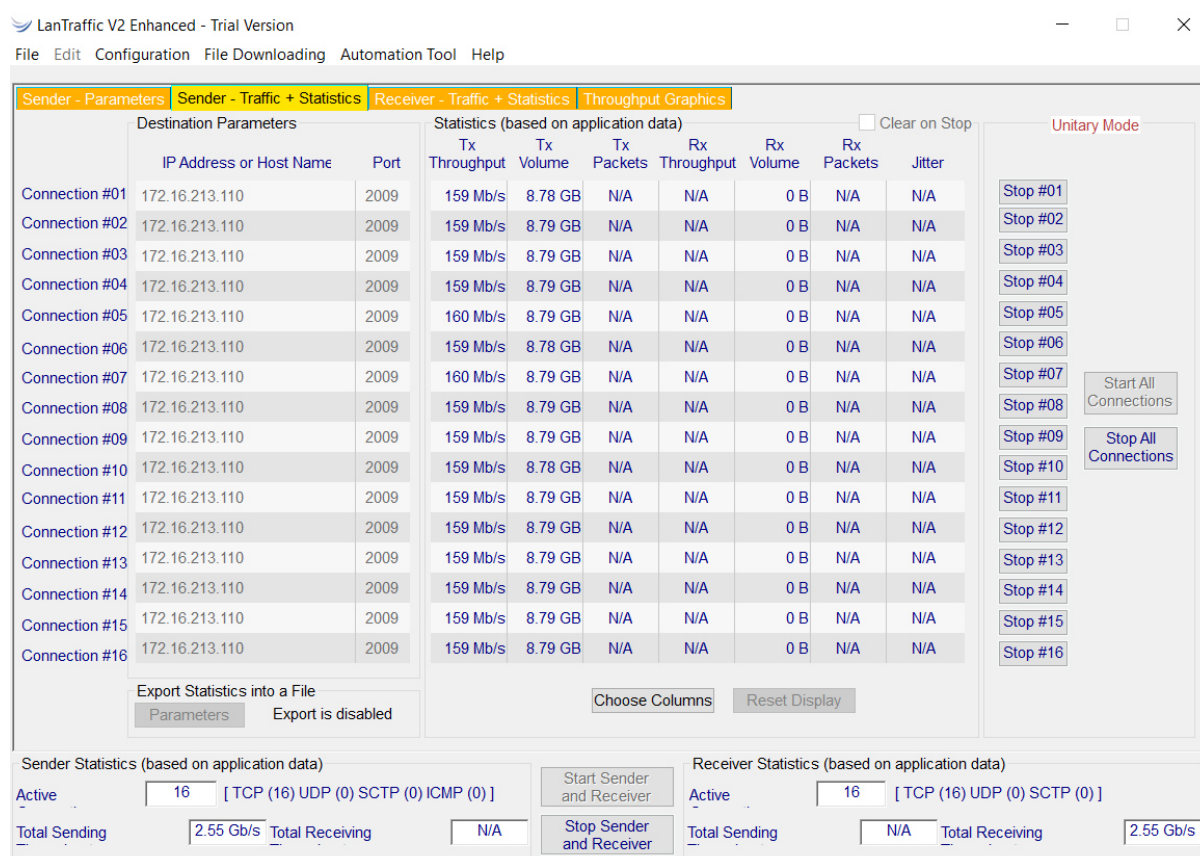


Figura 56. Tráfico generado en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 306.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 57 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID: UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313.

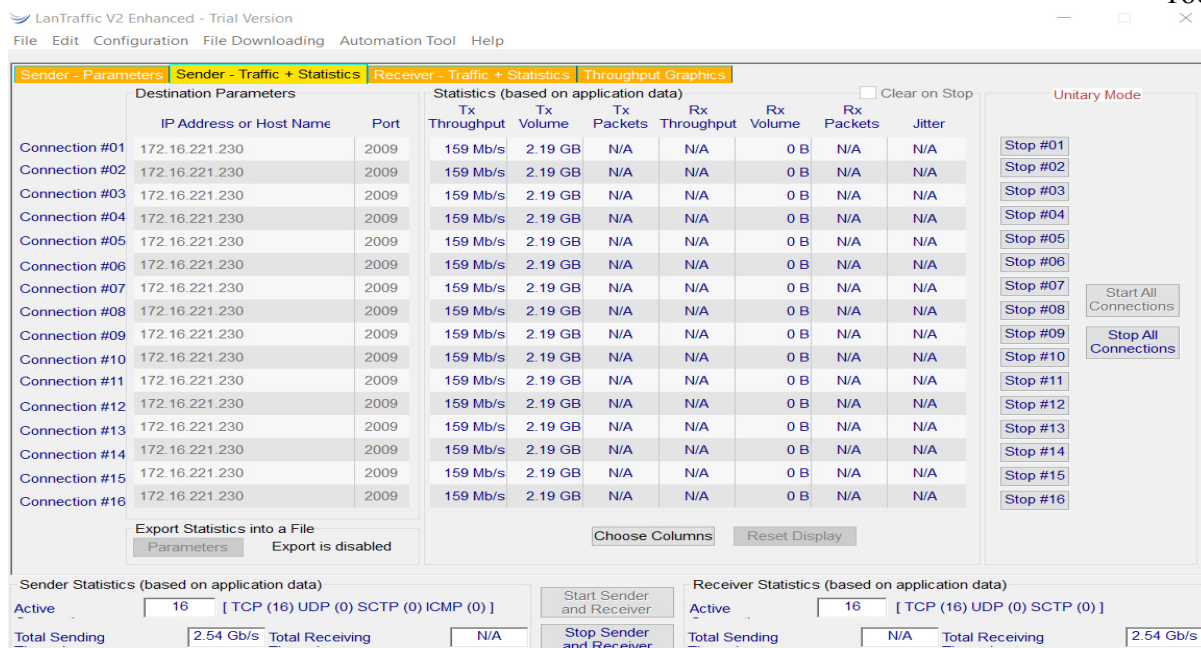


Figura 57. Tráfico generado en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el tercer piso al frente del aula 313.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 58 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID: FIEE 2A1 ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación.

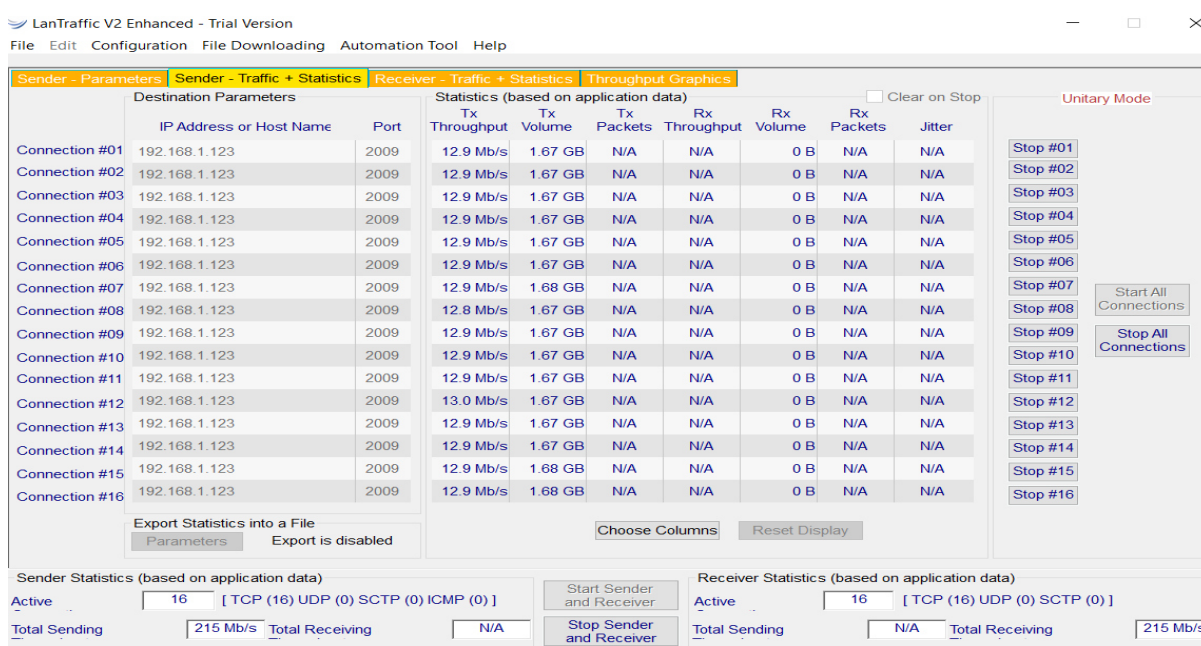


Figura 58. Tráfico generado en la red Wi-Fi FIEE 2A1 ubicado en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 59 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID: FIEE 2X ubicado en la escalera del segundo piso.

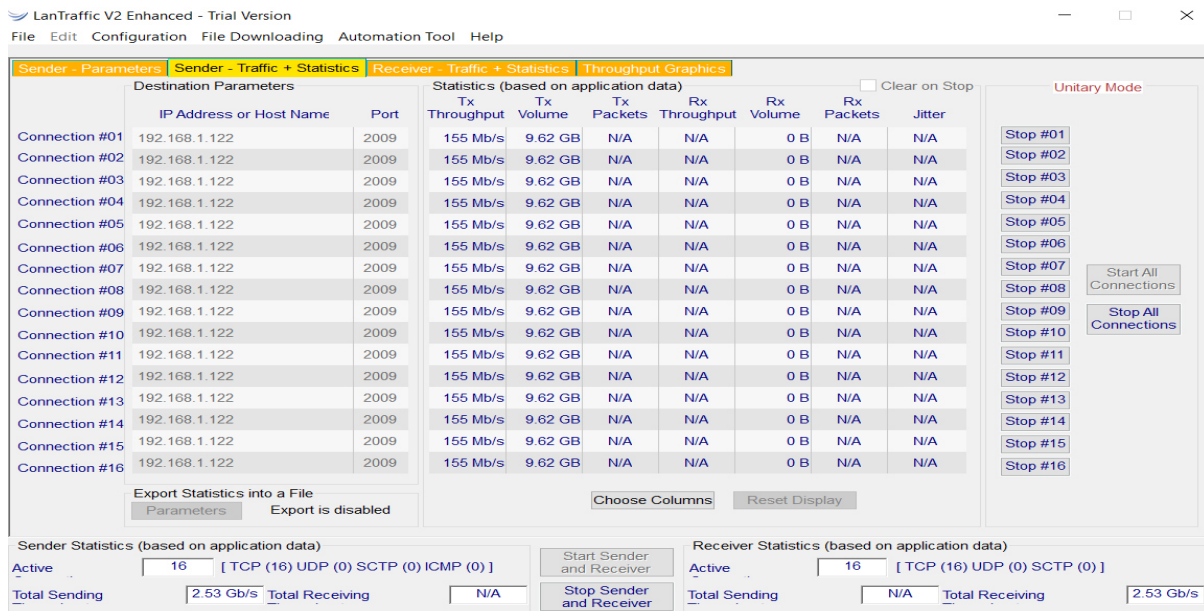


Figura 59. Tráfico generado en la red Wi-Fi FIEE 2X ubicado en la escalera del segundo piso.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 60 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UNMSM ubicado en la sala de estudio.

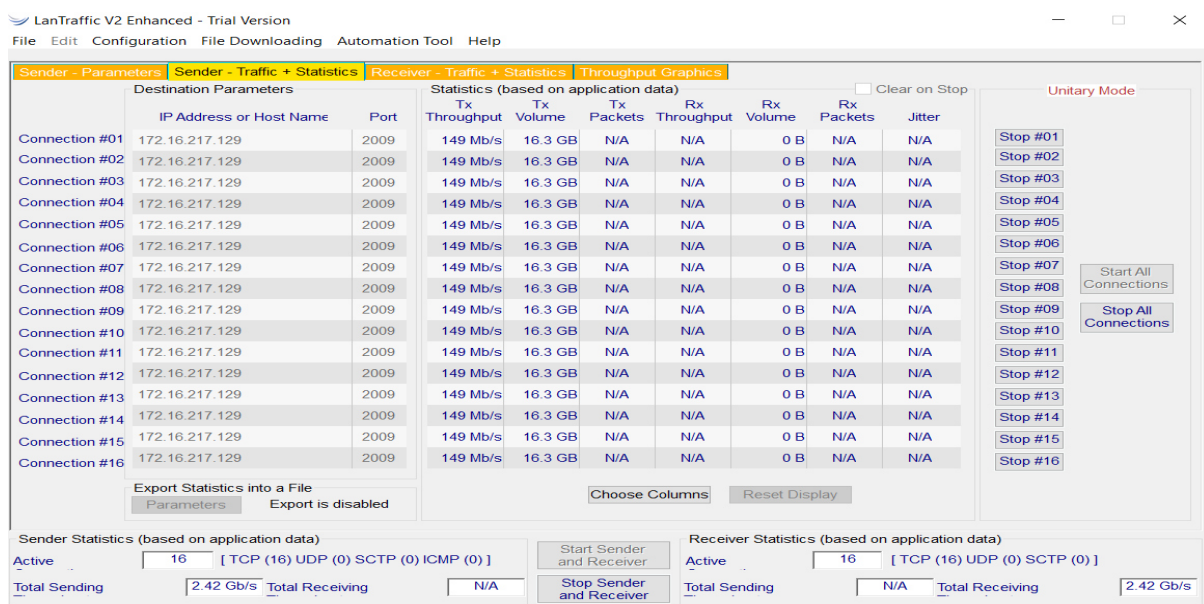


Figura 60. Tráfico generado en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en la sala de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, solo se evaluó un ambiente interior la “sala de estudio”, donde el access point estaba a 2.89m de altura. Para ello, se dividió el espacio en cuadrículas con un área de 16m², como se observa en la Figura 61.

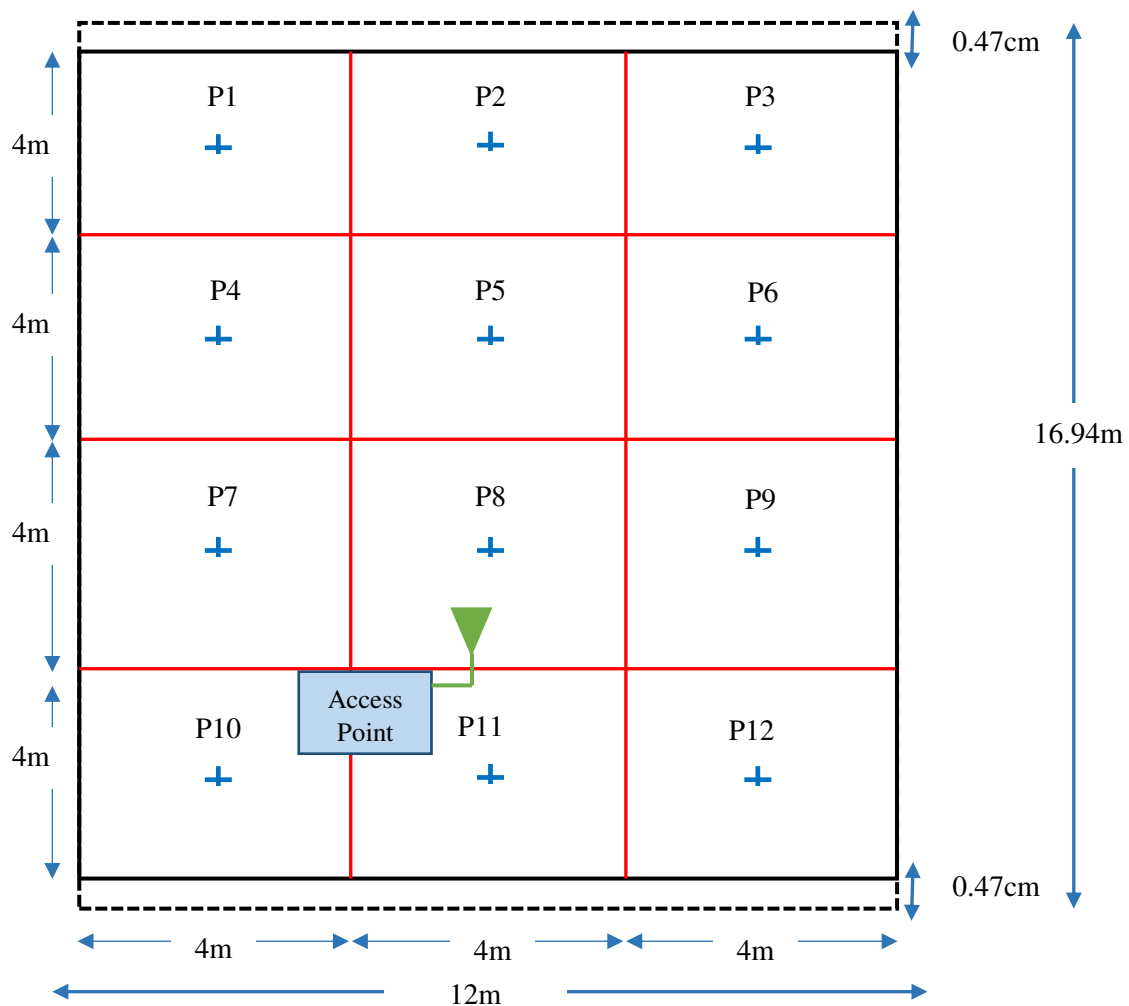


Figura 61. Esquema de los puntos de medición en la sala de estudios de la FIEE.
Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, se evaluó cuatro ambientes exteriores: tercer piso al frente del aula 306, tercer piso al frente del aula 313, escaleras del tercer piso y en el segundo piso al frente del Instituto de Investigación. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 62.

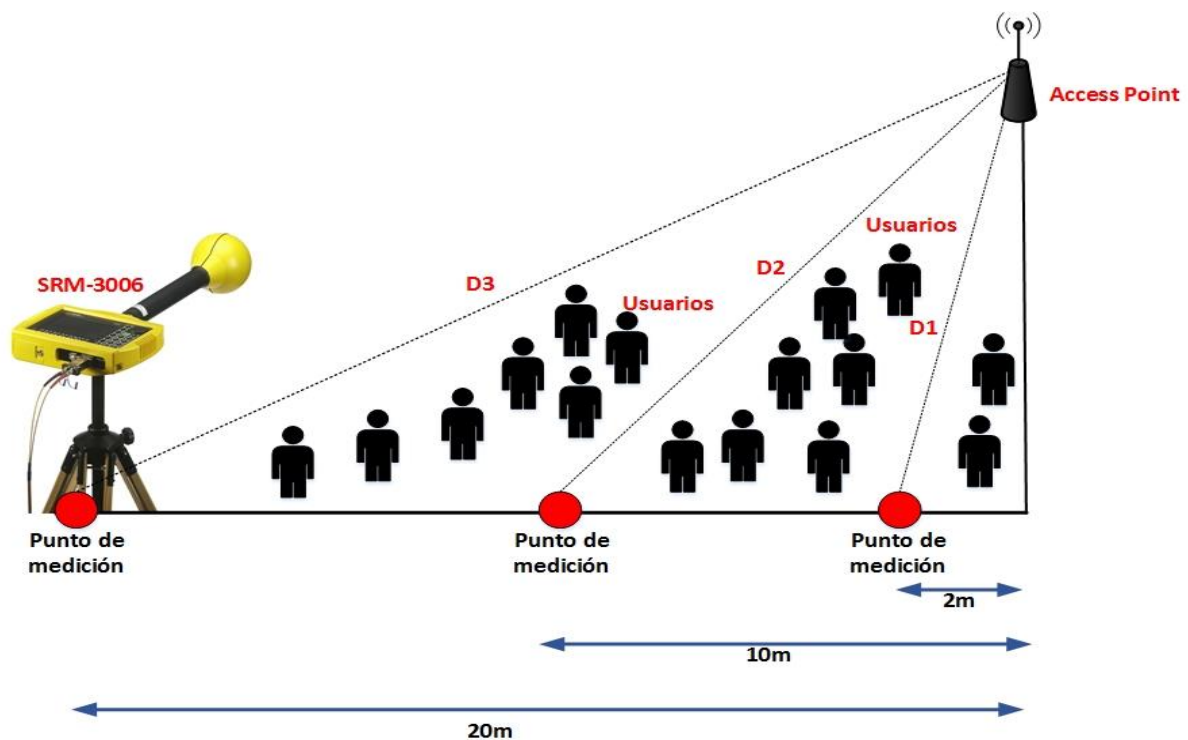


Figura 62. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Odontología

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 63 se muestra los datos del access point con SSID: Wifi-Odontología de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el primer piso afuera del aula 1, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

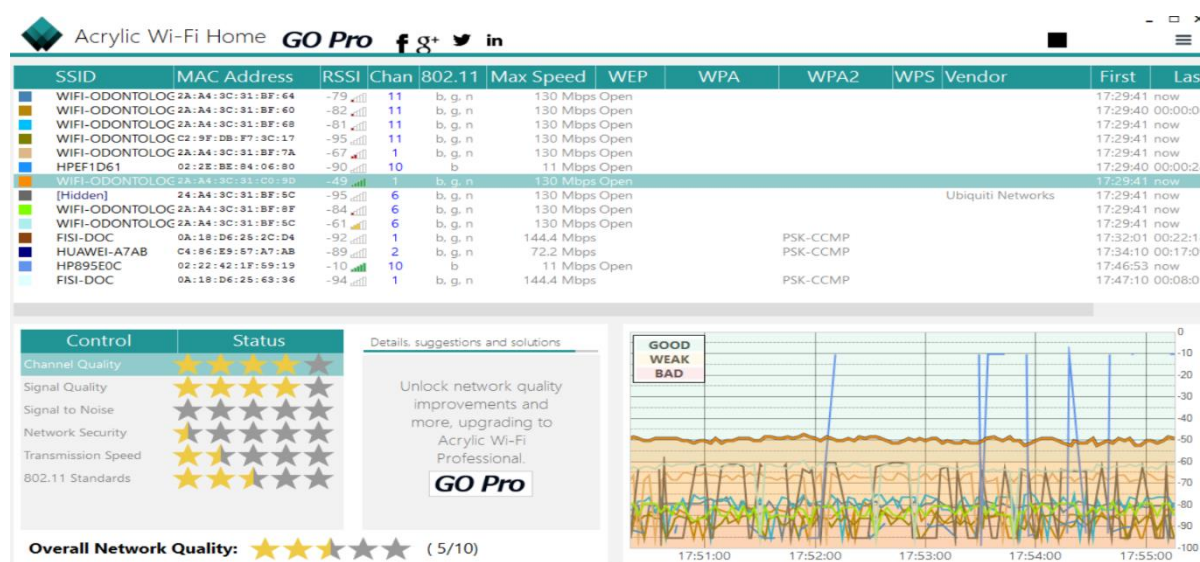


Figura 63. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso afuera del aula 1 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 64 se muestra los datos del access point con SSID Wifi-Odontologia de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en la biblioteca, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

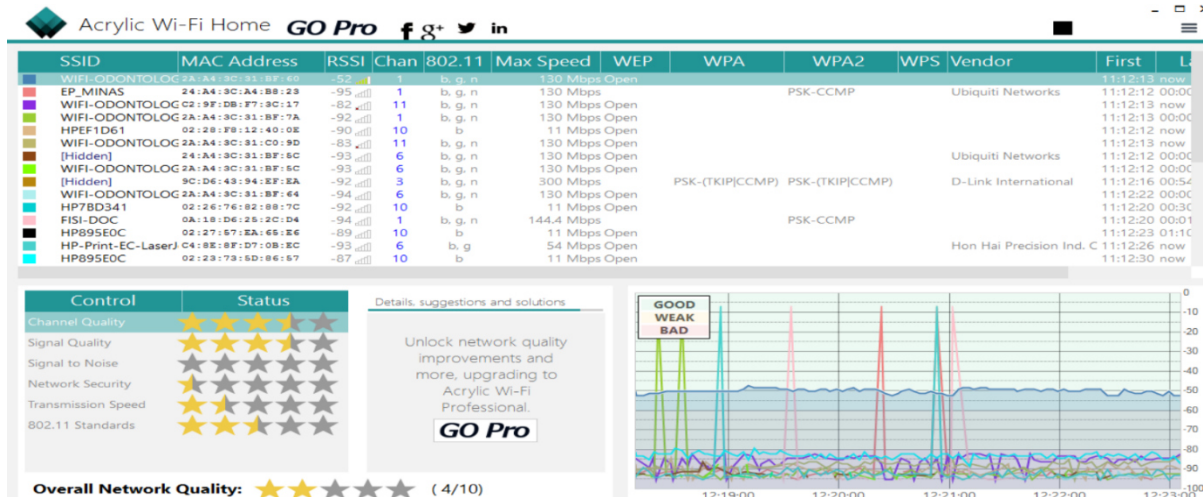


Figura 64. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en la biblioteca usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 65 se muestra los datos del access point con SSID Wifi-Odontologia de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

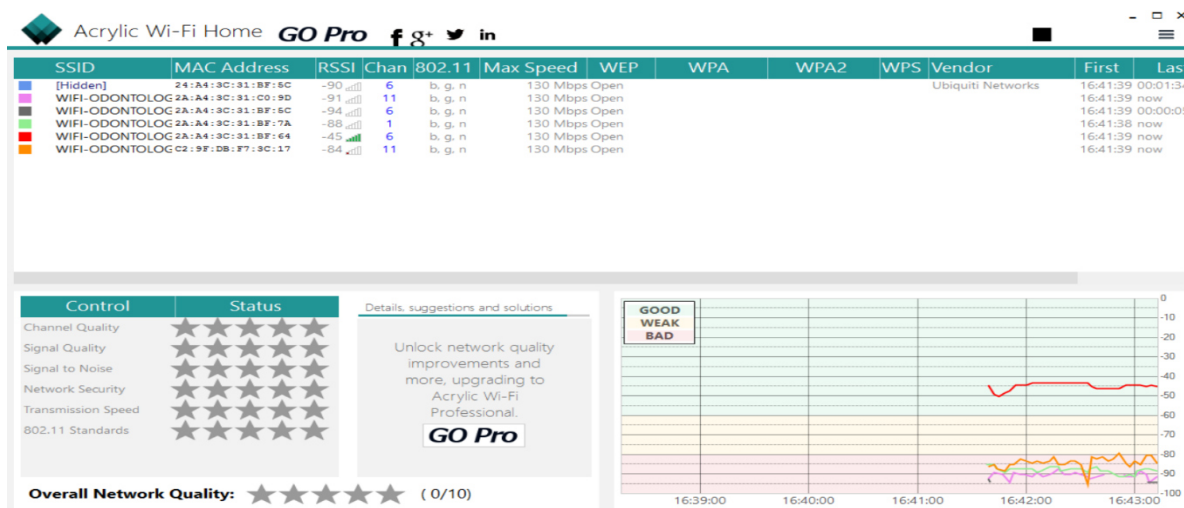


Figura 65. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 66 se muestra los datos del access point con SSID Wifi-Odontologia de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica

de posgrado, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.



Figura 66. Características generales para el access point Wifi-Odontología LR ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 67 se muestra los datos del access point con SSID Wifi-Odontologia de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el primer piso en el interior del aula 5, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

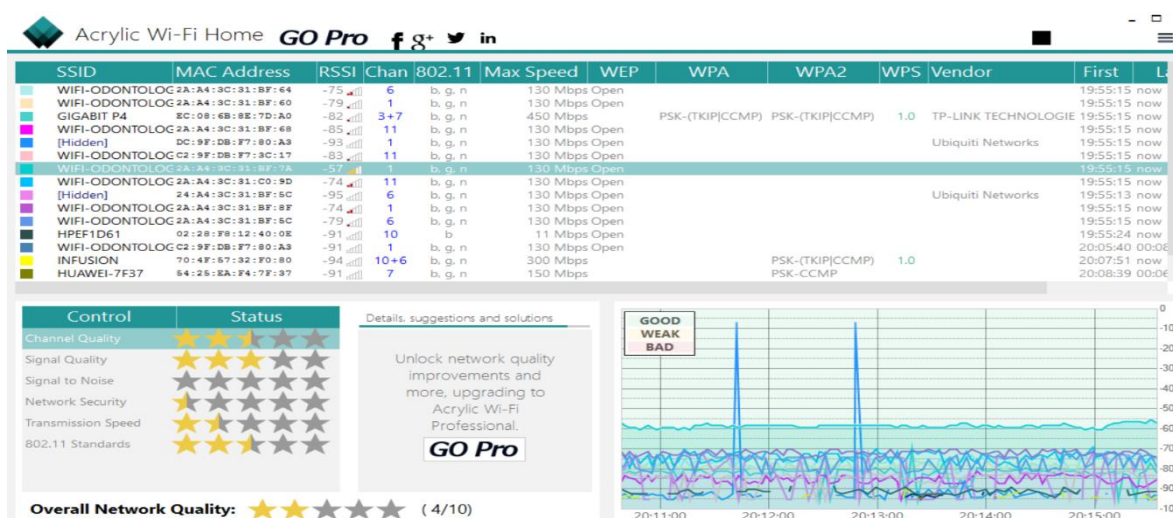


Figura 67. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso en el interior del aula 5 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 68 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID Wifi-Odontología ubicado en el primer piso afuera del aula 1, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

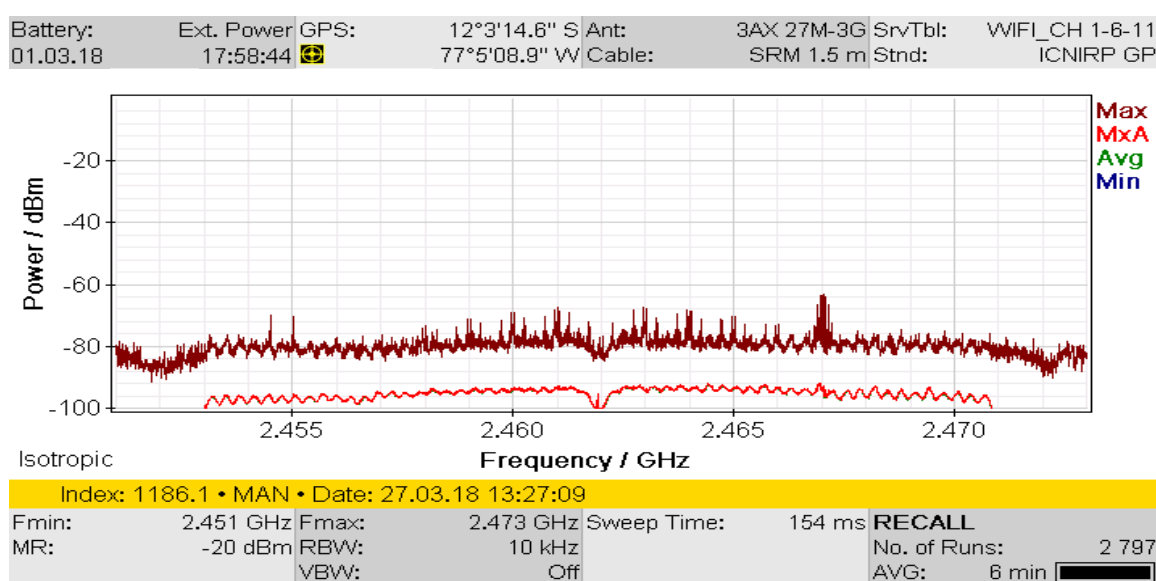


Figura 68. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso afuera del aula 1.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 69 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID Wifi-Odontología ubicado en la biblioteca, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

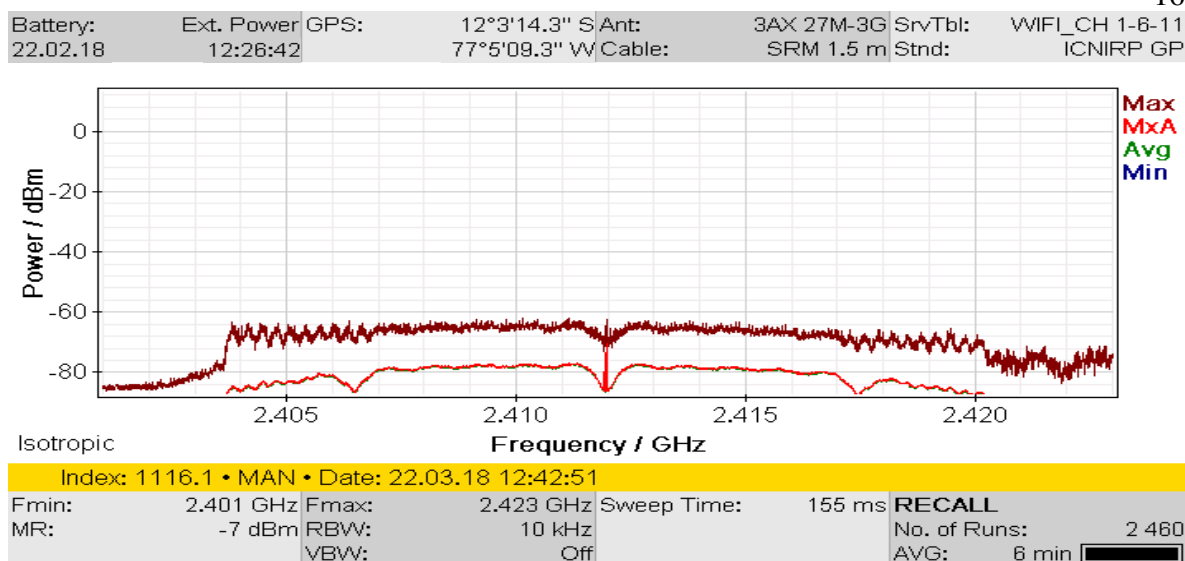


Figura 69. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Wifi-Odontología ubicado en la biblioteca.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 70 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

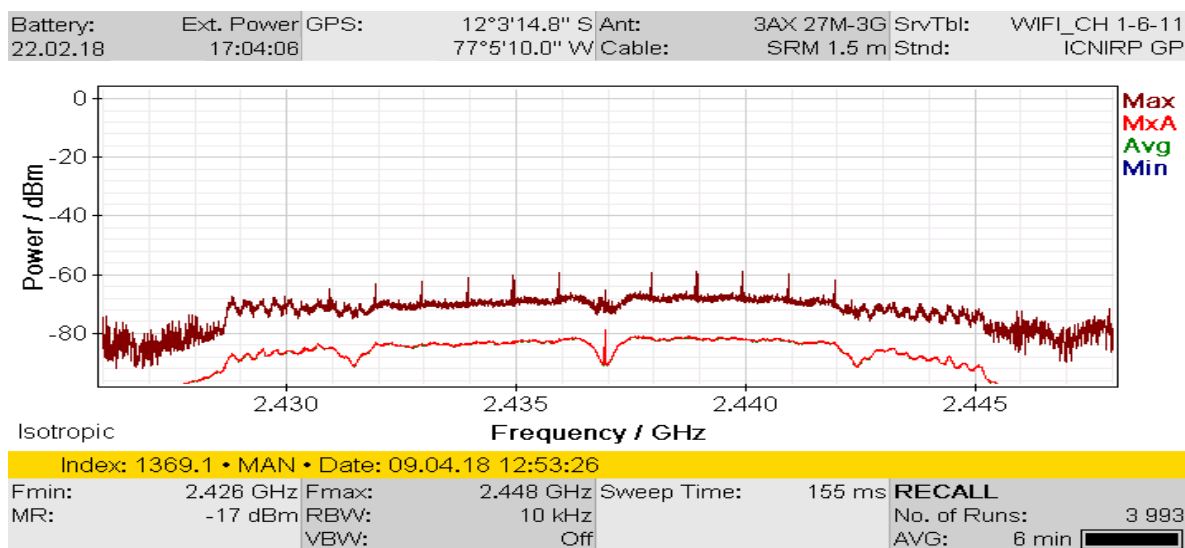
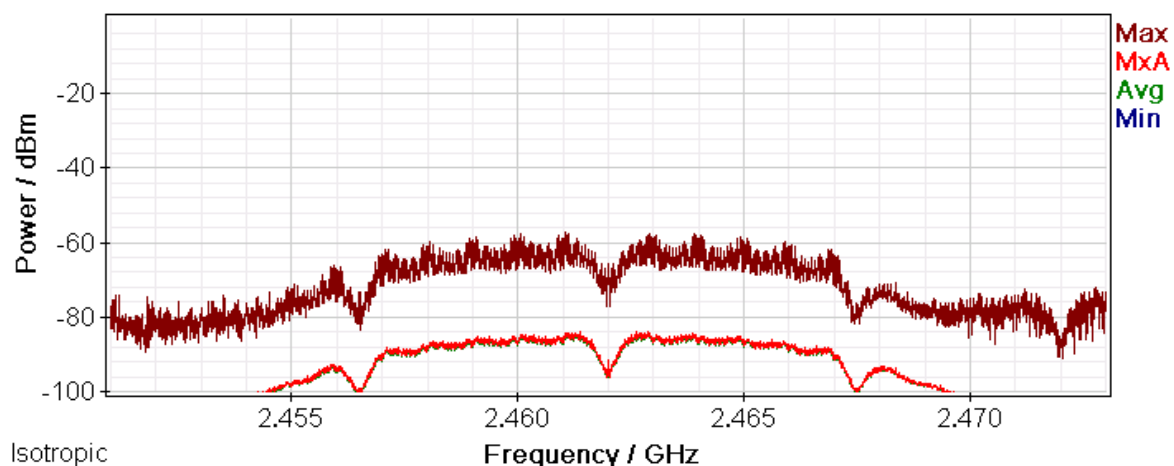


Figura 70. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 71 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

Battery:	Ext. Power	GPS:	12°3'15.2" S	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	WIFI_CH 1-8-11
26.02.18	17:16:18		77°5'09.8" W	Cable:	SRM 1.5 m	Stnd:	ICNIRP GP



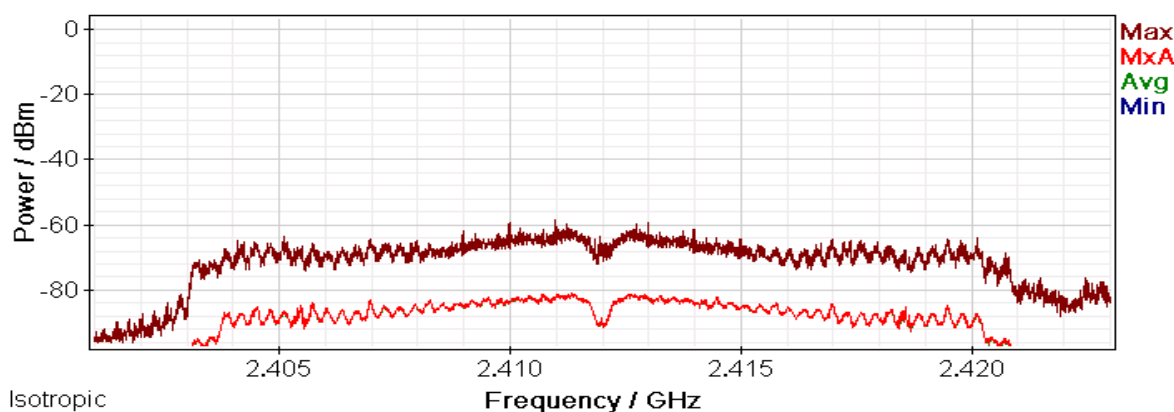
Index: 999.1 • MAN • Date: 19.03.18 19:23:53							
Fmin:	2.451 GHz	Fmax:	2.473 GHz	Sweep Time:	155 ms	RECALL	
MR:	-20 dBm	RBW:	10 kHz			No. of Runs:	2 493
		VBW:	Off			AVG:	6 min

Figura 71. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 72 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID Wifi-Odontología ubicado en el primer piso en el interior del aula 5, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

Battery:		GPS:	12°3'14.4" S	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	WIFI_CH 1-8-11
27.02.18	20:00:18		77°5'10.2" W	Cable:	SRM 1.5 m	Stnd:	ICNIRP GP



Spectrum							
Fmin:	2.401 GHz	Fmax:	2.423 GHz	Sweep Time:	163 ms	Progress:	
MR:	-17 dBm	RBW:	10 kHz			No. of Runs:	2 408
		VBW:	Off			AVG:	6 min

Figura 72. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso en el interior del aula 5.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 73 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Wifi-Odontologia ubicado en el primer piso afuera del aula 1.

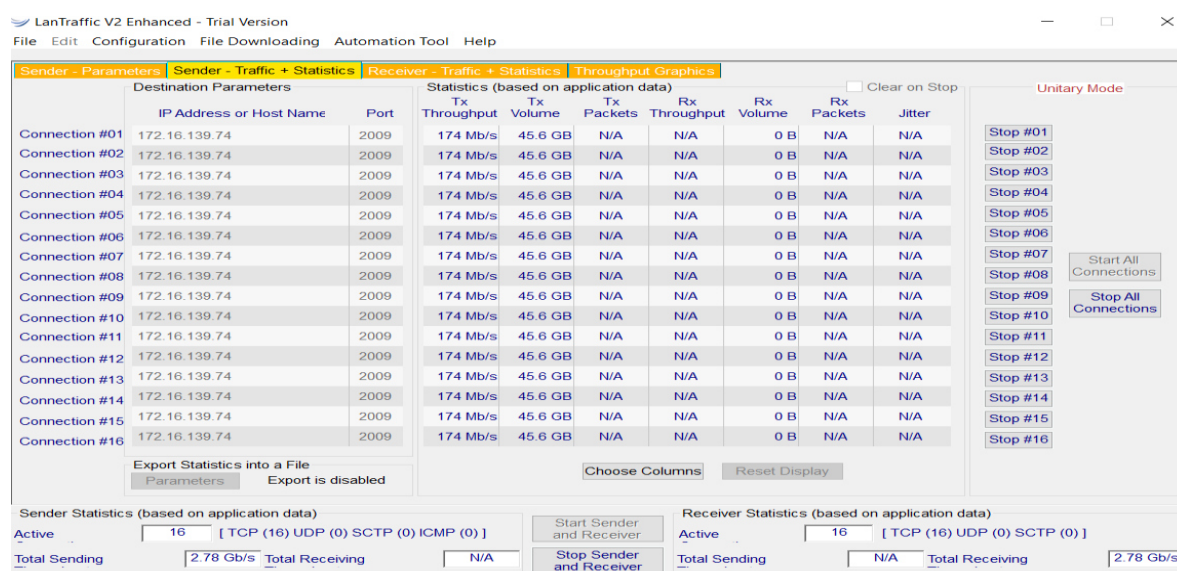


Figura 73. Tráfico generado en la red Wifi-Odontologia ubicado en el primer piso afuera del aula 1.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 74 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Wifi-Odontologia ubicado en la biblioteca.

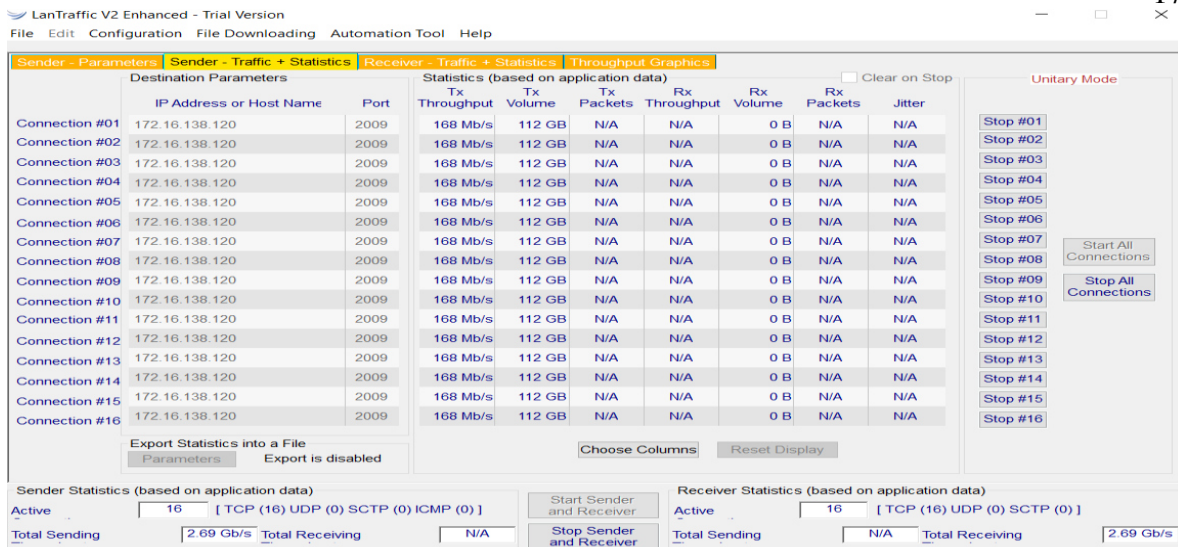


Figura 74. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en la biblioteca.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 75 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Wifi-Odontologia ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado.

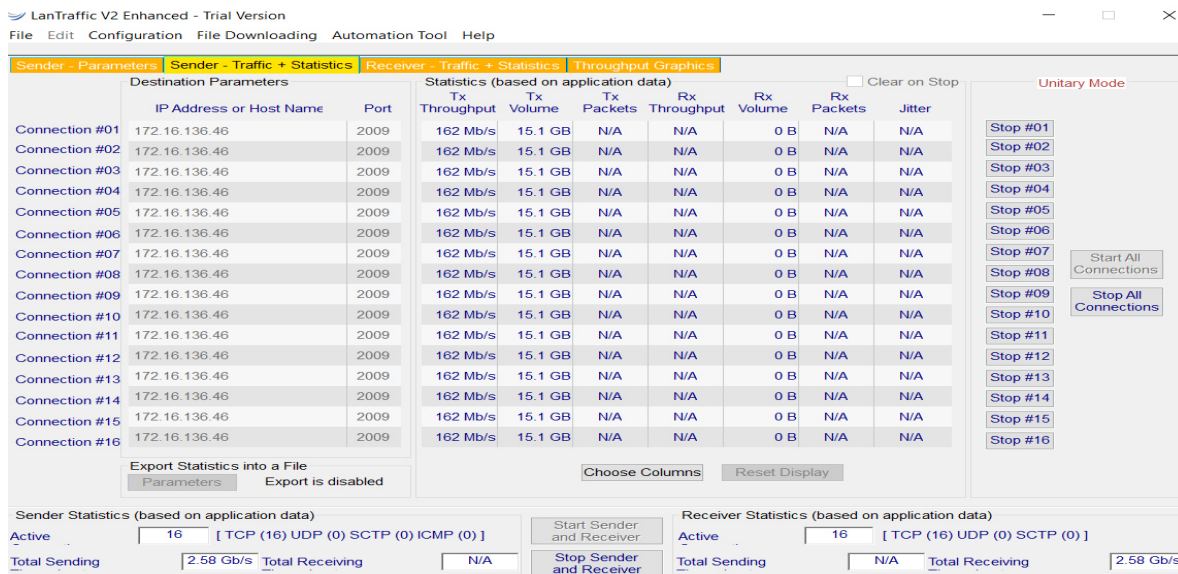


Figura 75. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el segundo piso afuera de la clínica de posgrado.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 76 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Wifi-Odontologia ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado.

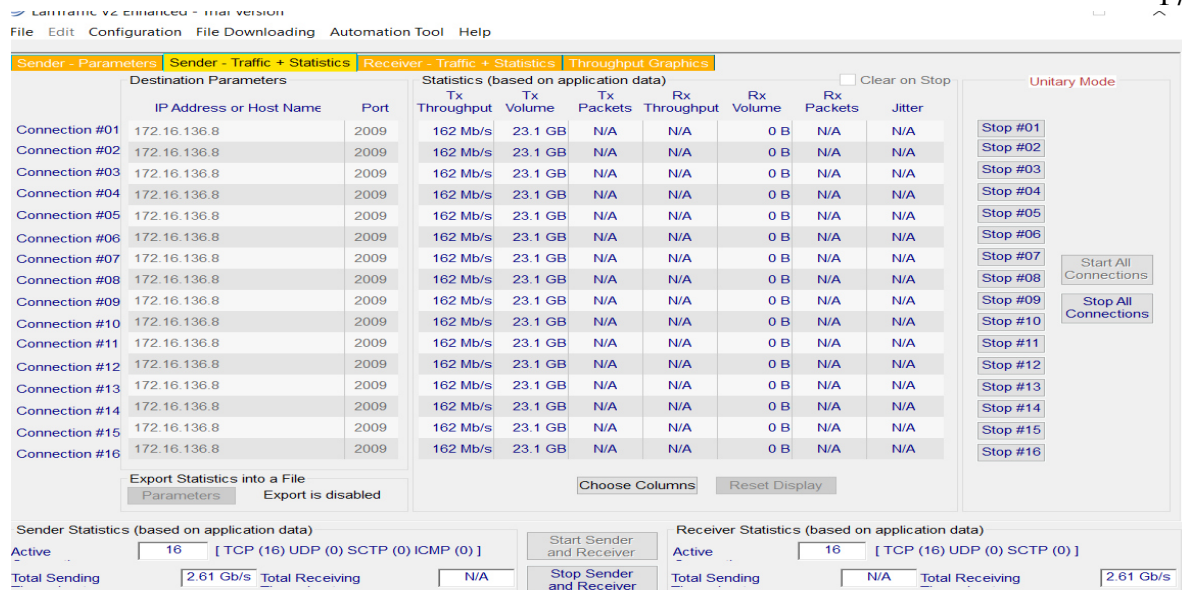


Figura 76. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM ubicado en el segundo piso en el interior de la clínica de posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 77 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Wifi-Odontologia ubicado en el primer piso en el interior del aula 5.

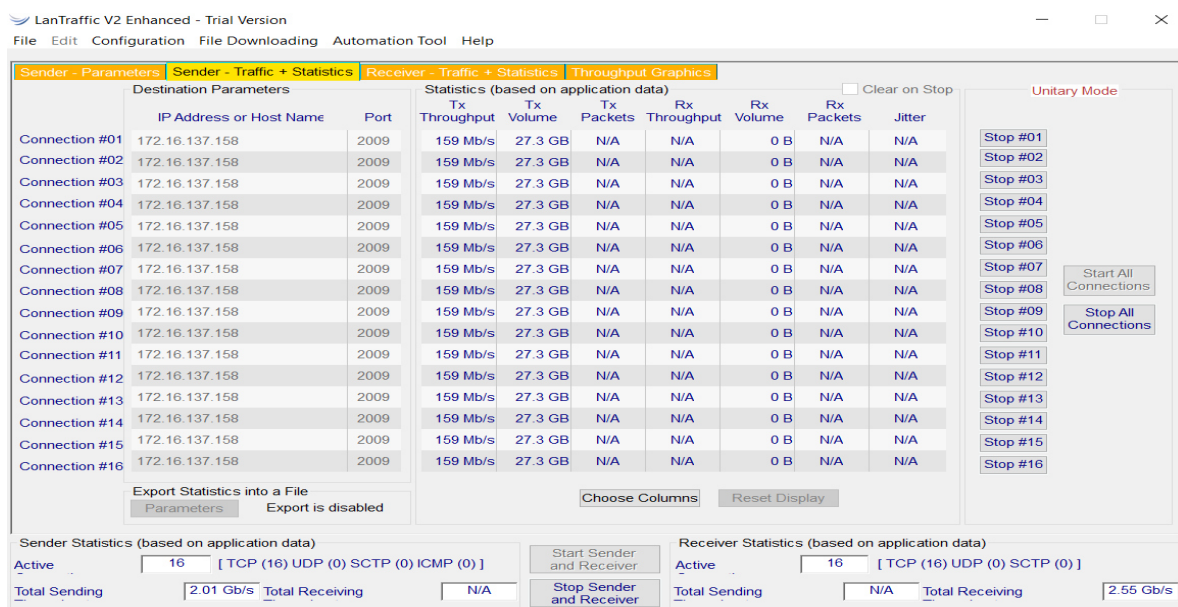


Figura 77. Tráfico en la red Wi-Fi UNMSM Odontologia ubicado en el primer piso en el interior del aula 5.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Odontología, se evaluó tres ambientes interiores: 2 piso en el interior de la biblioteca, 2 piso en el interior de la clínica de posgrado y el 1 piso en el interior del aula 5. Para ello, se dividió los ambientes en cuadrículas con un área de 16m^2 , como se observa en la Figura 78, Figura 79 y en la Figura 80.

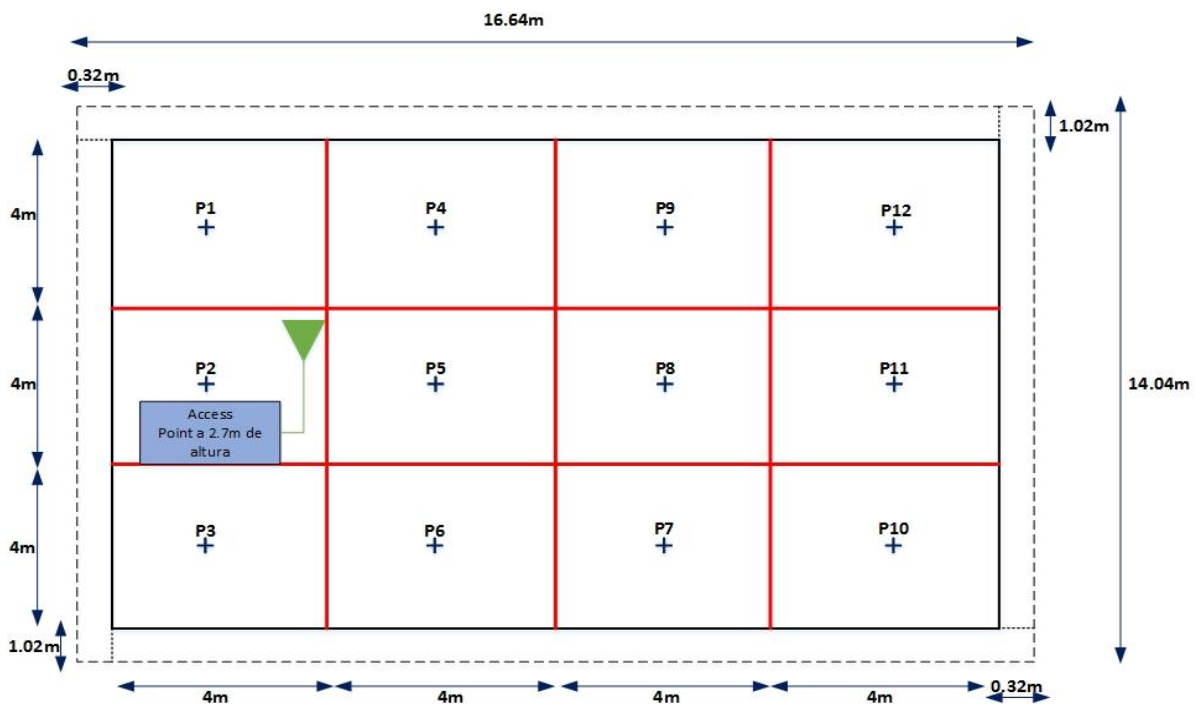


Figura 78. Esquema de los puntos de medición en la biblioteca de la Facultad de Odontología.

Fuente: Elaboración propia.

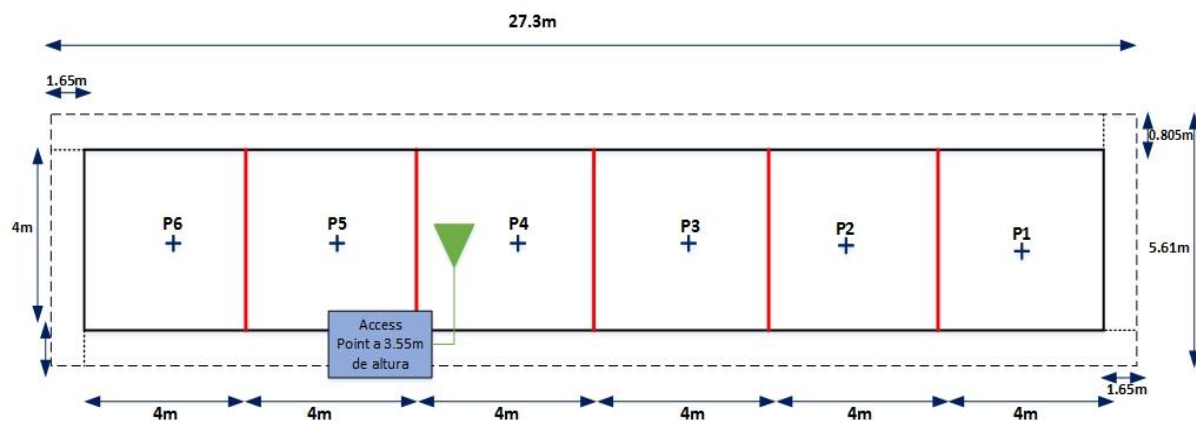


Figura 79. Esquema de los puntos de medición en el 2º piso en el interior de la clínica de posgrado de la Facultad de Odontología.

Fuente: Elaboración propia.

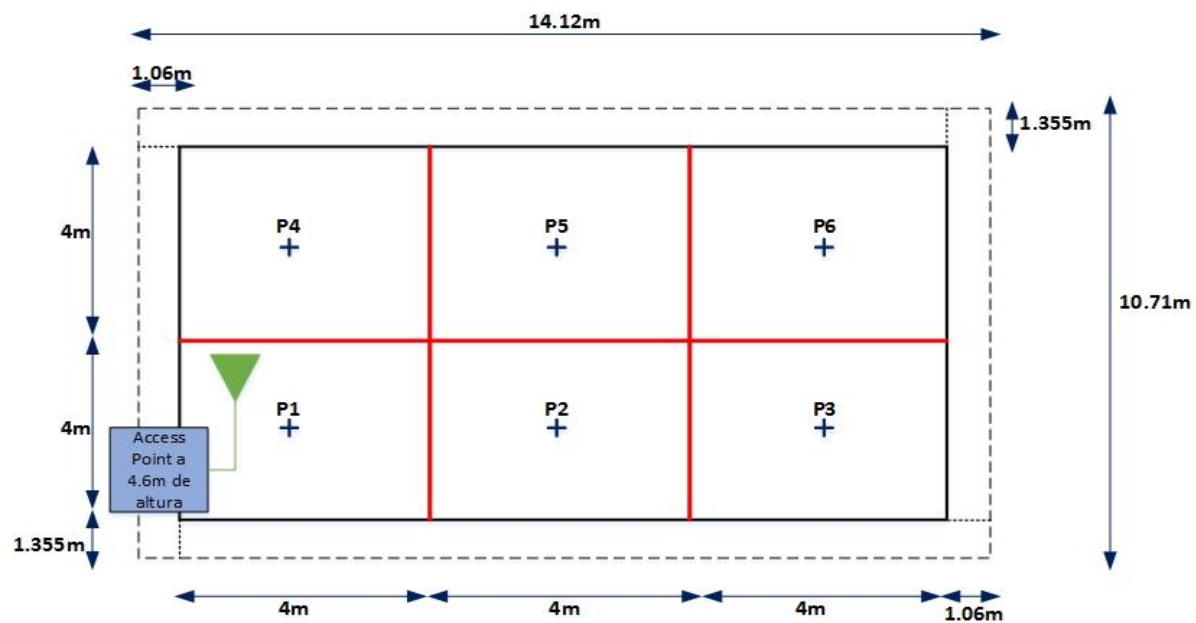


Figura 80. Esquema de los puntos de medición en el 2º piso en el interior de la clínica de posgrado de la Facultad de Odontología.

Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Odontología, se evaluó dos ambientes exteriores 1 piso afuera del aula 1 y el 2 piso afuera de la clínica de posgrado. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 81.

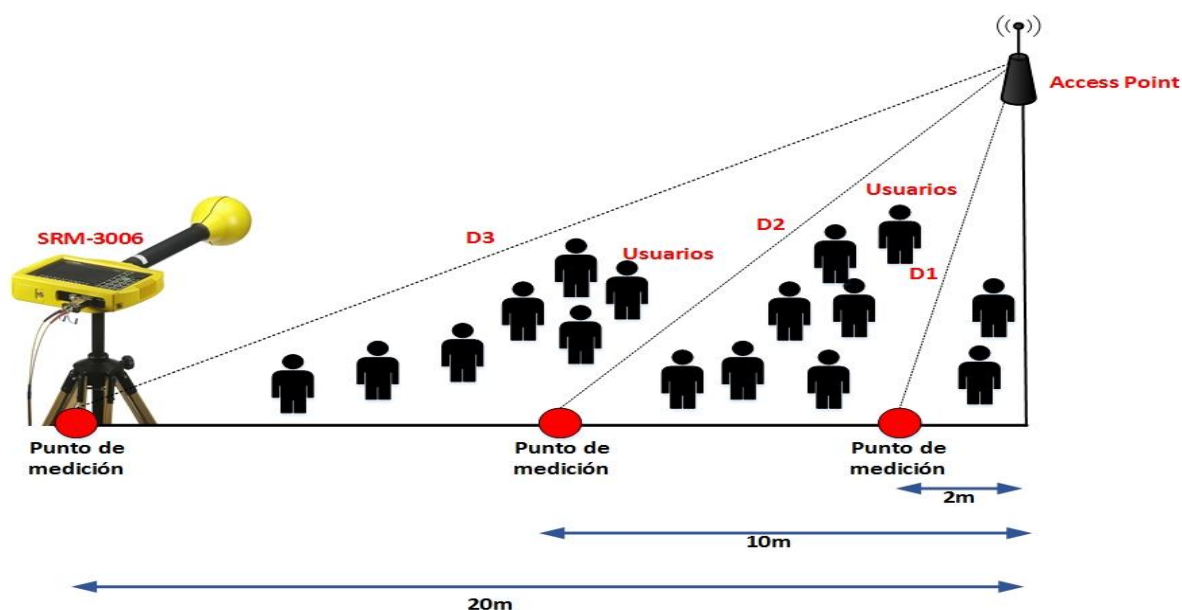


Figura 81. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Odontología.

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de las radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Administración

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 82 se muestra los datos del access point con SSID Administracion 1 de marca y modelo Cisco AIR-AP1131AG ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

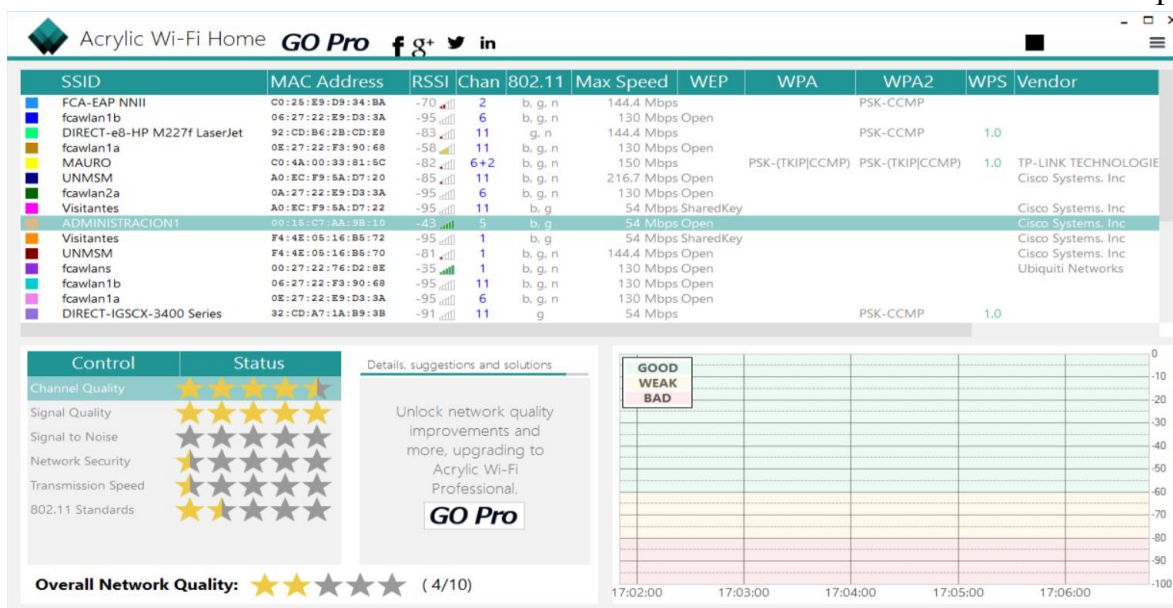


Figura 82. Características generales para el access point Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación de la Unidad de Investigación usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 83 se muestra los datos del access point con SSID fcawlan 1b de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

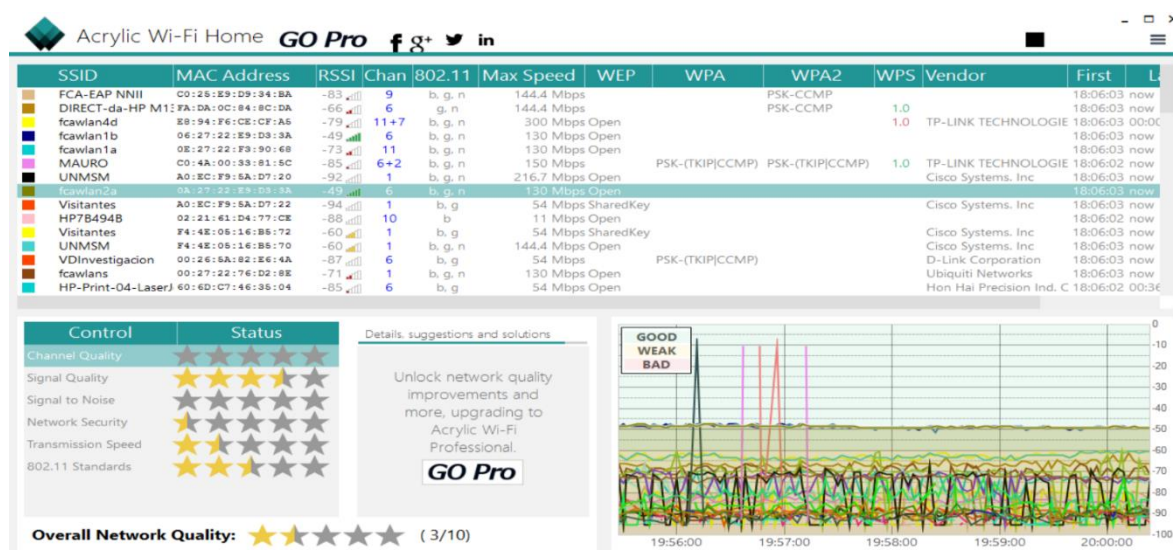


Figura 83. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 84 se muestra los datos del access point con SSID UNMSM de marca y modelo Cisco AIR-AP1131AG ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

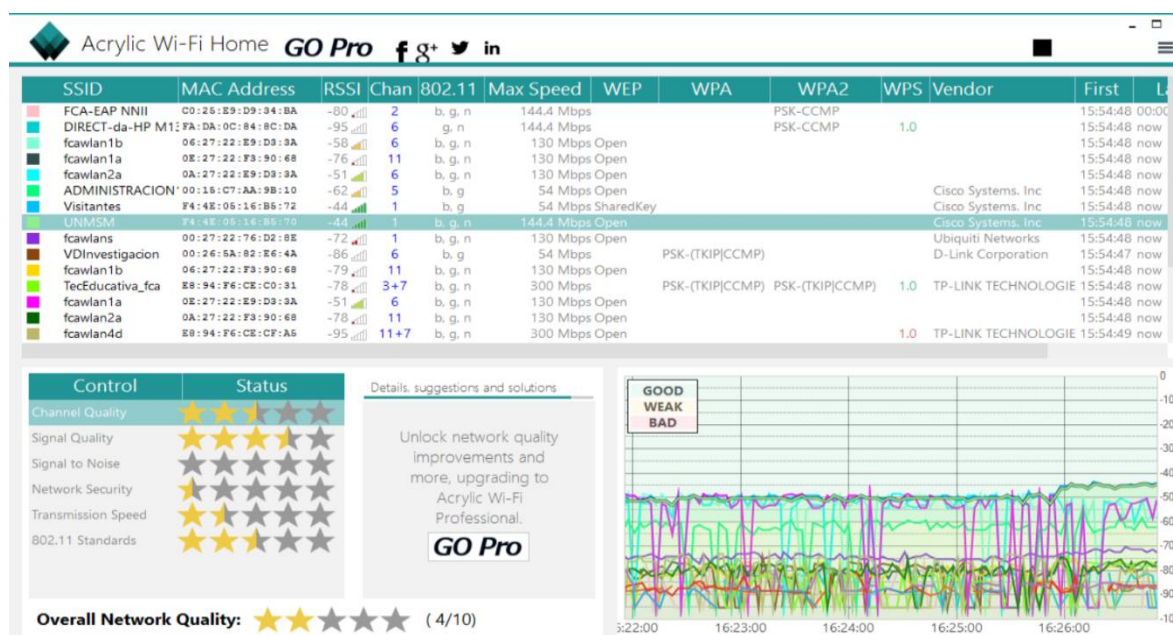


Figura 84. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 85 se muestra los datos del access point con SSID VDINVESTIGACION de marca y modelo D-Link DWL-3200AP ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

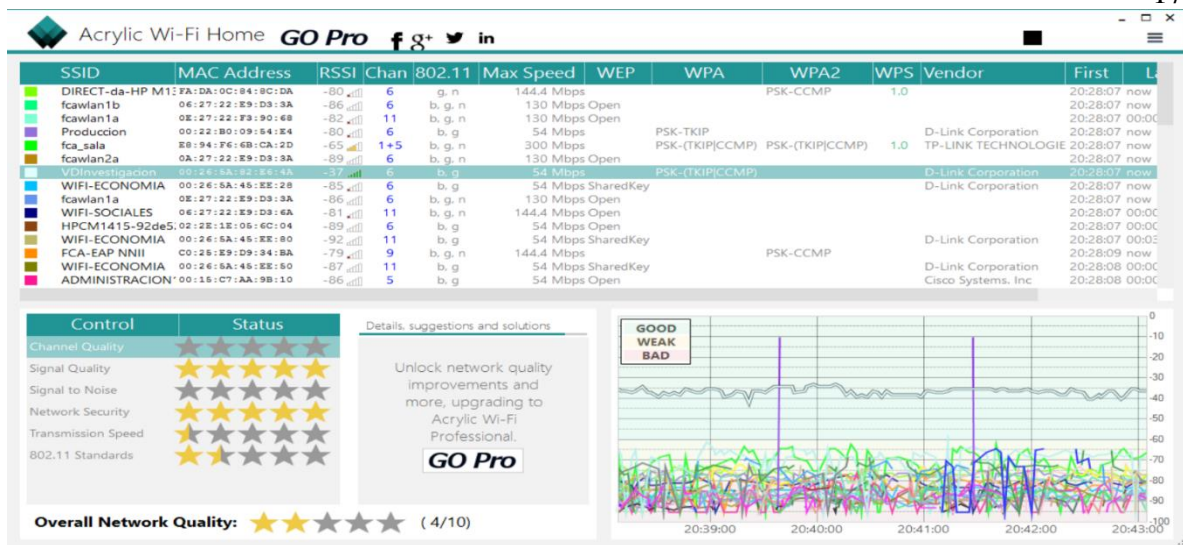


Figura 85. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 86 se muestra los datos del access point con SSID fca wlan 2a de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.



Figura 86. Características generales para el access point Wifi-Odontología ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 87 se muestra el espectro del canal de operación 05 del access point con SSID Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

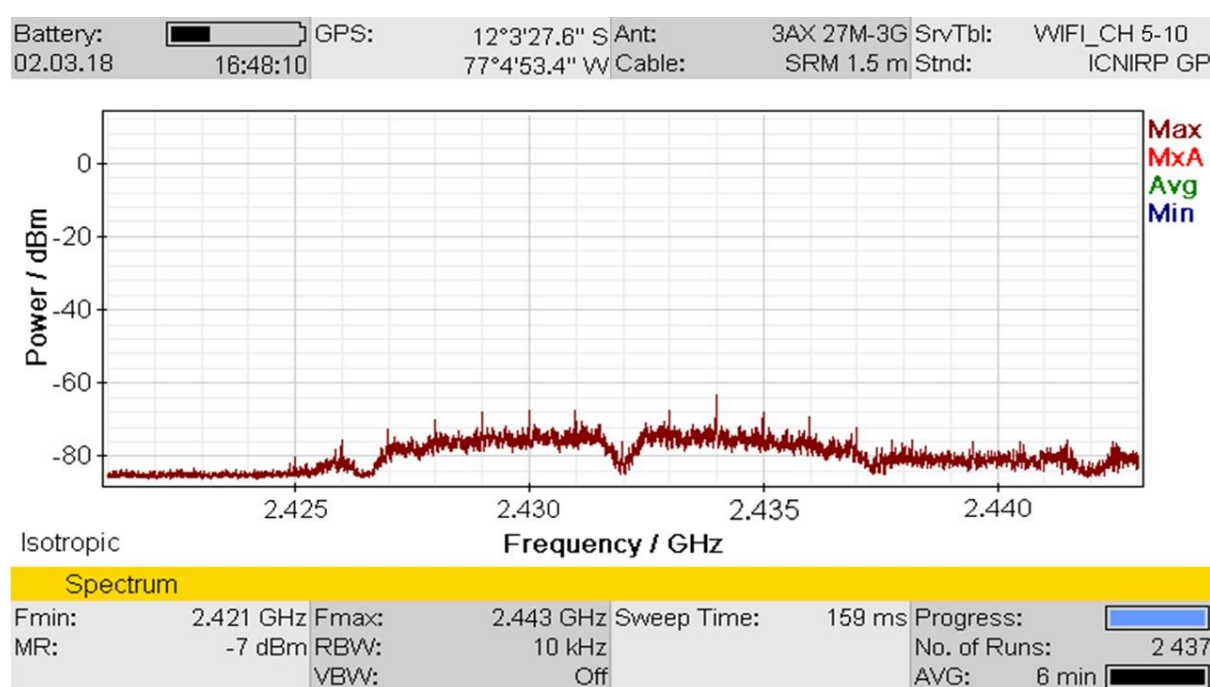


Figura 87. Espectro del canal de frecuencia 05 del access point Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 88 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID fcawlan 1b ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

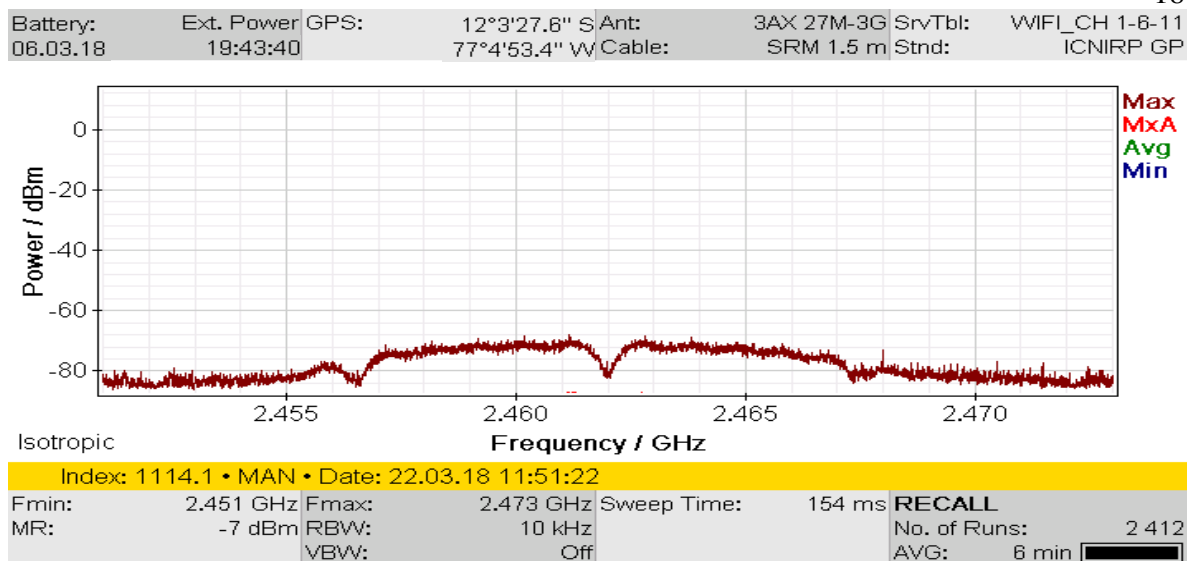


Figura 88. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point fcawlan 1b ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 89 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID UNMSM ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

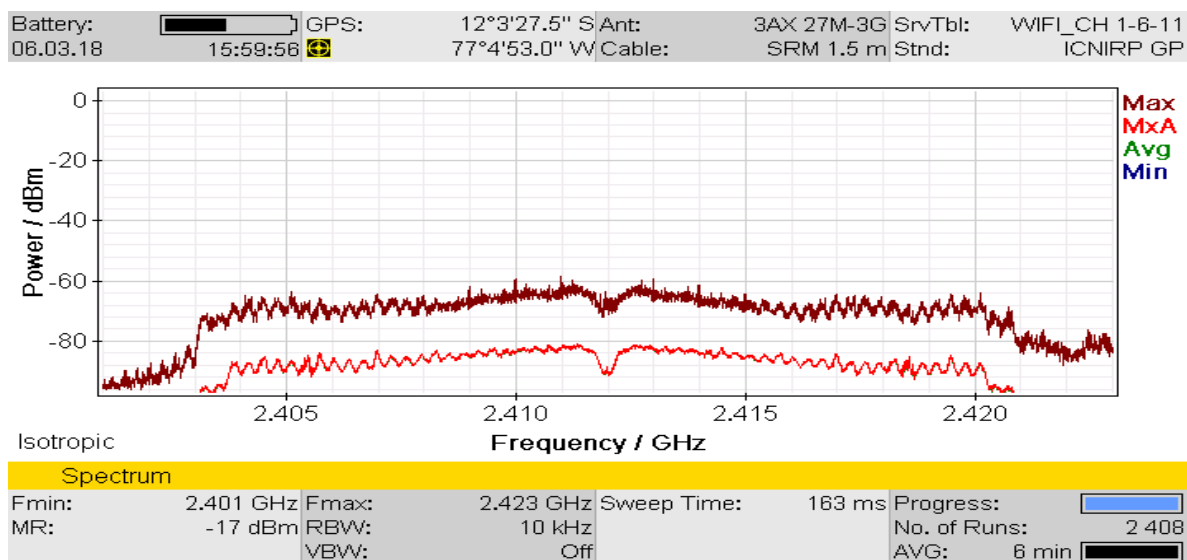


Figura 89. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 90 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID VDINVESTIGACION ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

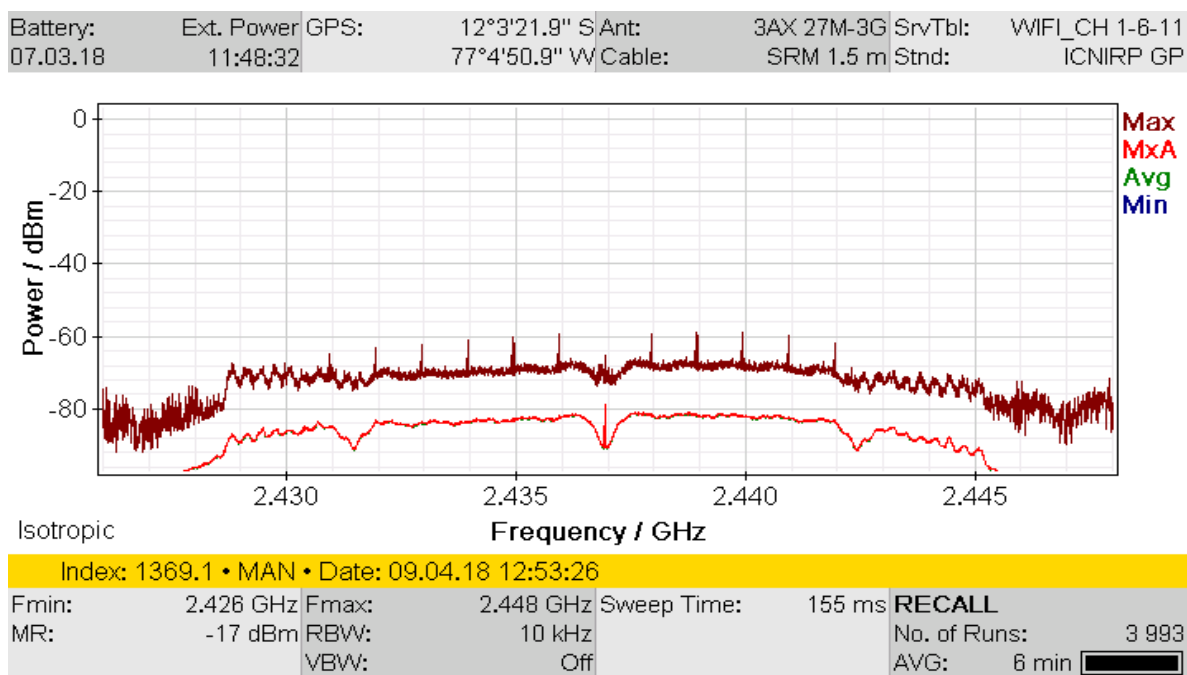


Figura 90. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point VDINVESTIGACION ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 91 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID fcawlan 2a ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

Battery:	Ext. Power	GPS:	12°3'27.6" S	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbt:	WIFI_CH 1-6-11
07.03.18	18:13:20		77°4'53.4" W	Cable:	SRM 1.5 m	Std:	ICNIRP GP

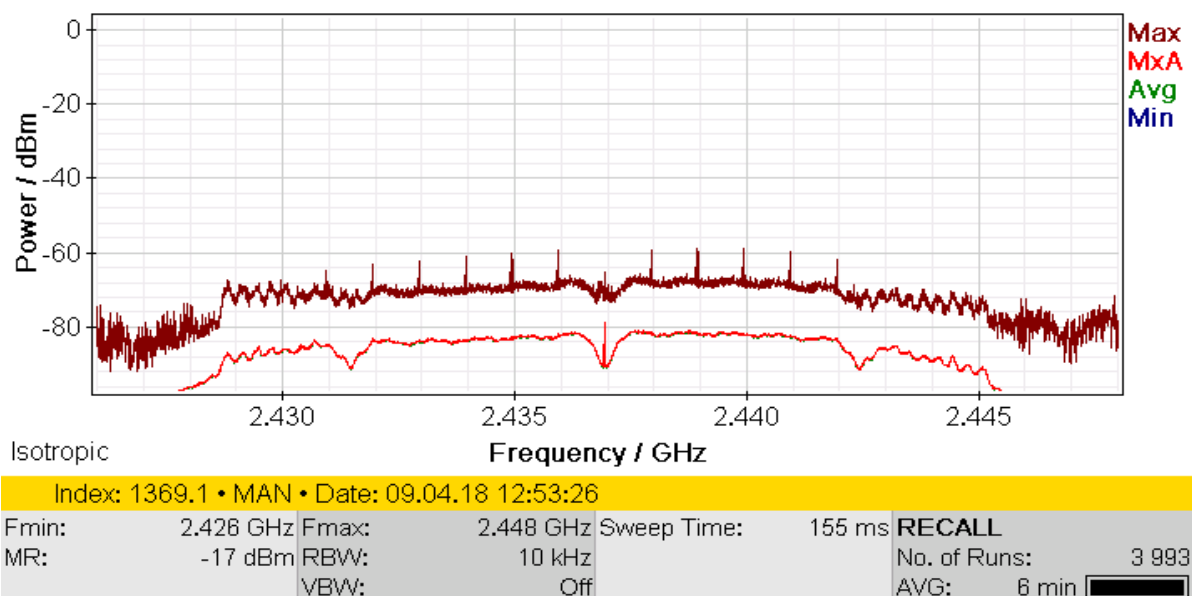


Figura 91. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point fcawlan 2A ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 92 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación.

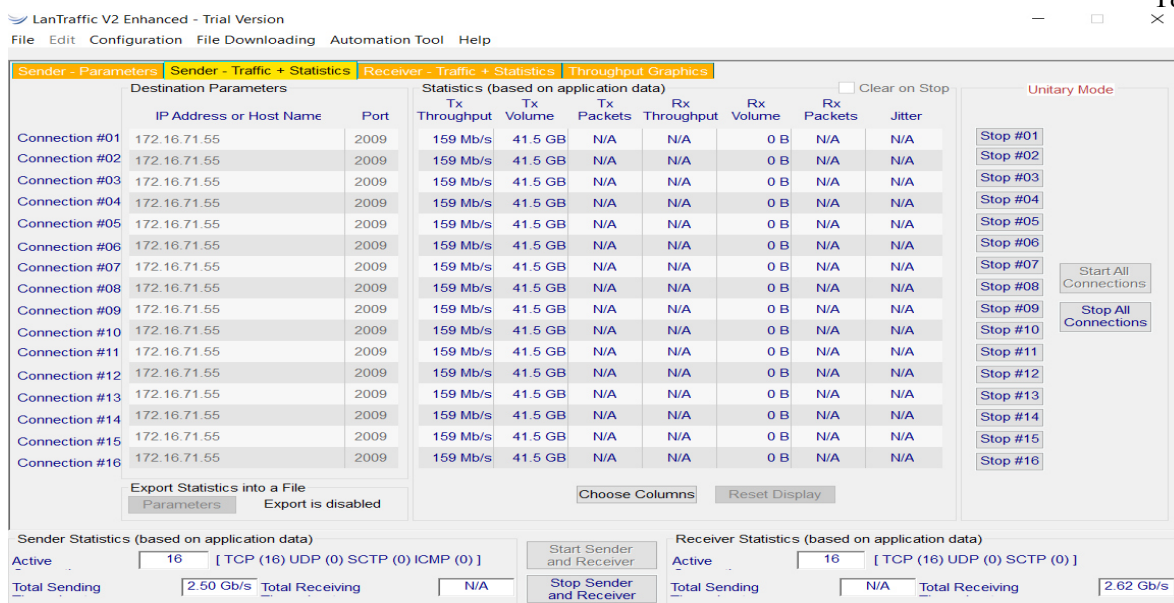


Figura 92. Tráfico en la red Wi-Fi Administración 1 ubicado en el sótano afuera de la Unidad De Investigación.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 93 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID fcawlan 1b ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado.

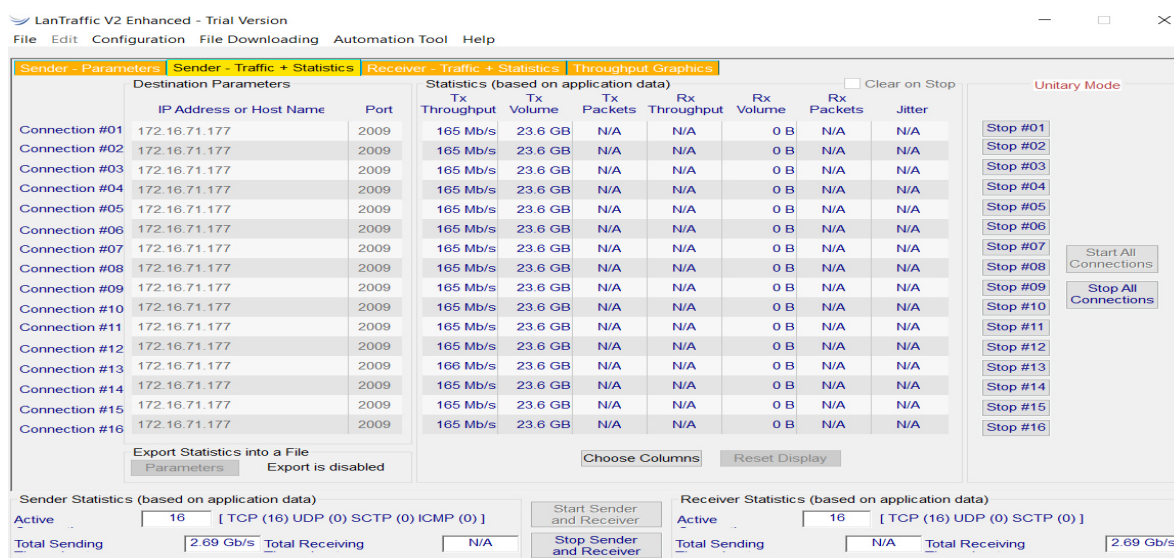


Figura 93. Tráfico en la red Wi-Fi fcawlan 1b ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Posgrado.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 94 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UNMSM ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203.

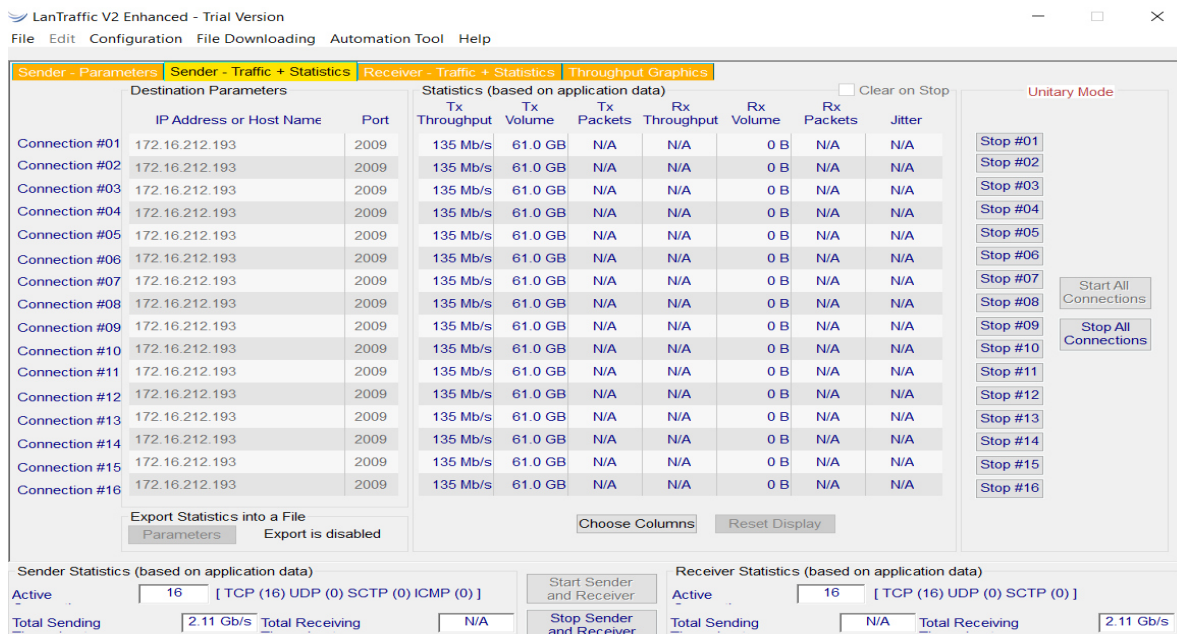


Figura 94. Tráfico en la red Wi-Fi fcawlan 1b ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 203.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 95 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID VDINVESTIGACION ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado.

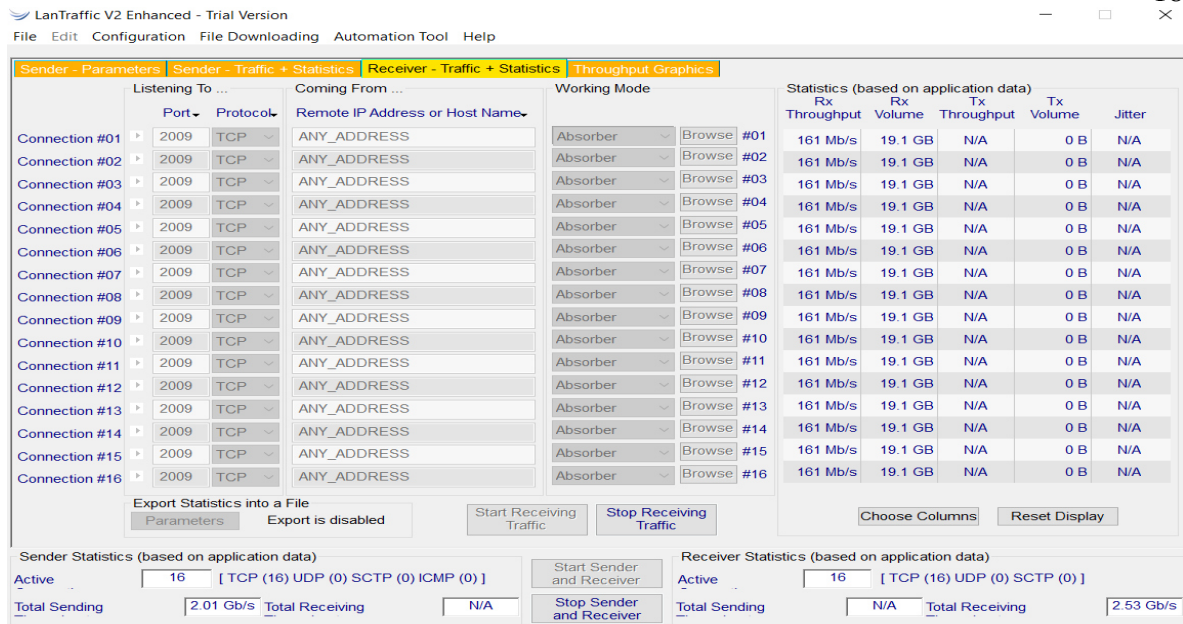


Figura 95. Tráfico en la red Wi-Fi VDINVESTIGACION ubicado en el primer piso en el interior de la Unidad de Posgrado.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 96 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID fcawlan 2a ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205.

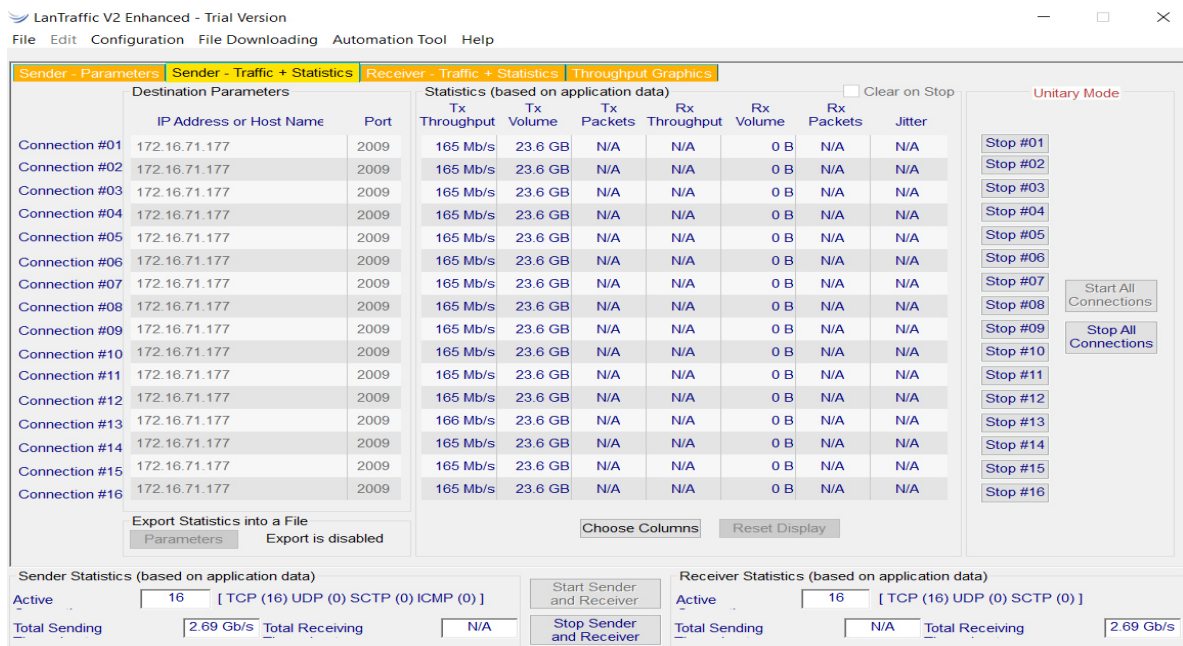


Figura 96. Tráfico en la red Wi-Fi fcawlan 2a ubicado en el segundo piso afuera del aula N° 205.
Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Ciencias Administrativas, solo se evaluó un ambiente interior, en el primer piso al interior de la Unidad de Posgrado. Para ello, se dividió el ambiente en cuadrículas con un área de 16m^2 , como se observa en la Figura 97.

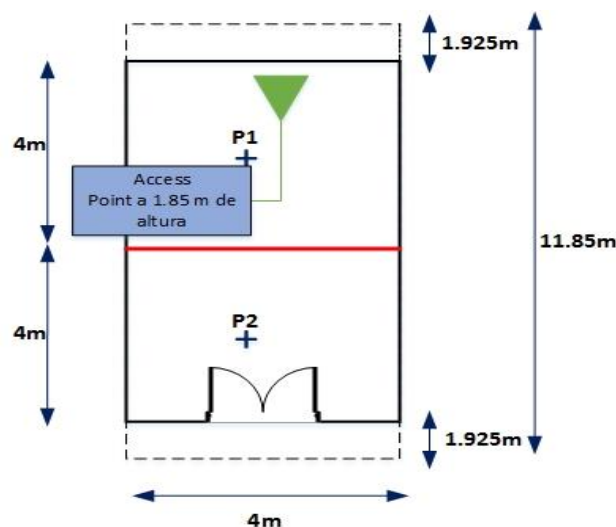


Figura 97. Esquema de los puntos de medición en el 1 piso en el interior del aula 5 de la Facultad de Ciencias Administrativas.

Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Ciencias Administrativas, se evaluó cuatro ambientes exteriores: sótano afuera de la Unidad De Investigación, primer piso afuera de la Unidad de Posgrado, segundo piso afuera del aula N° 203 y el segundo piso afuera del aula N° 205. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 98.

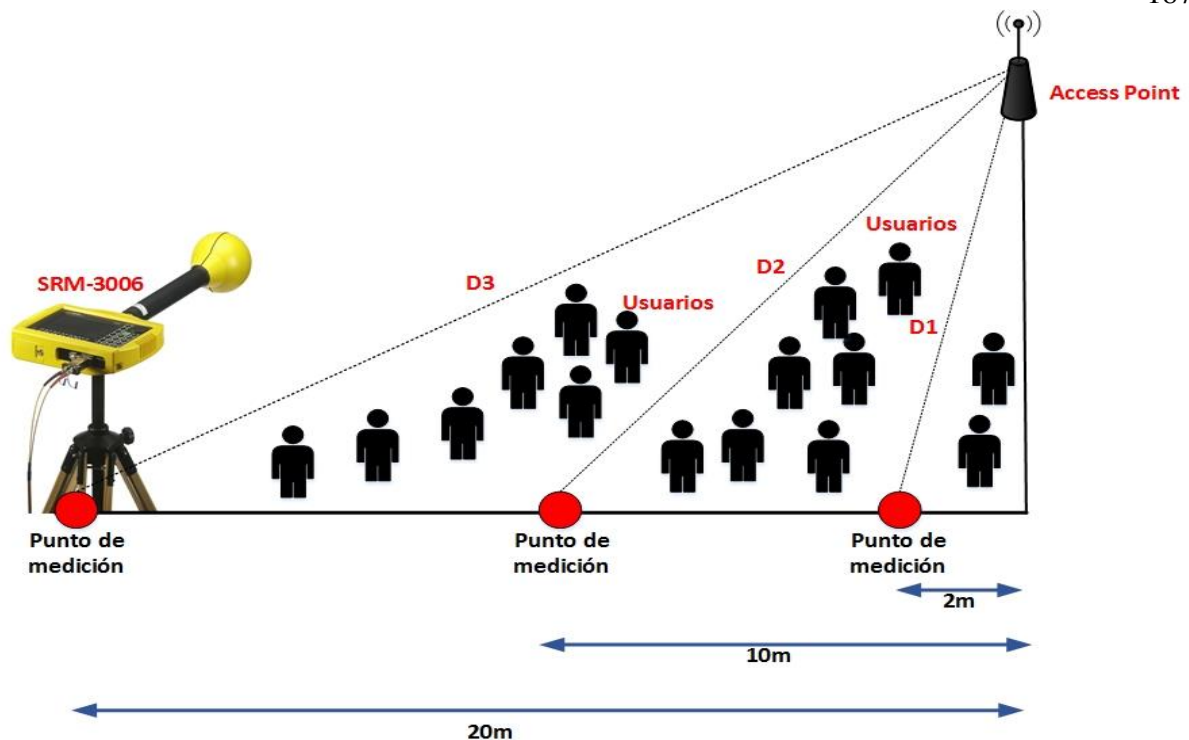


Figura 98. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Ciencias Administrativas.
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgia y Geográfica

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 99 se muestra los datos del access point con SSID EP_MINAS de marca y modelo Ubiquiti NanoStationM2 ubicado en la Escuela Profesional de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

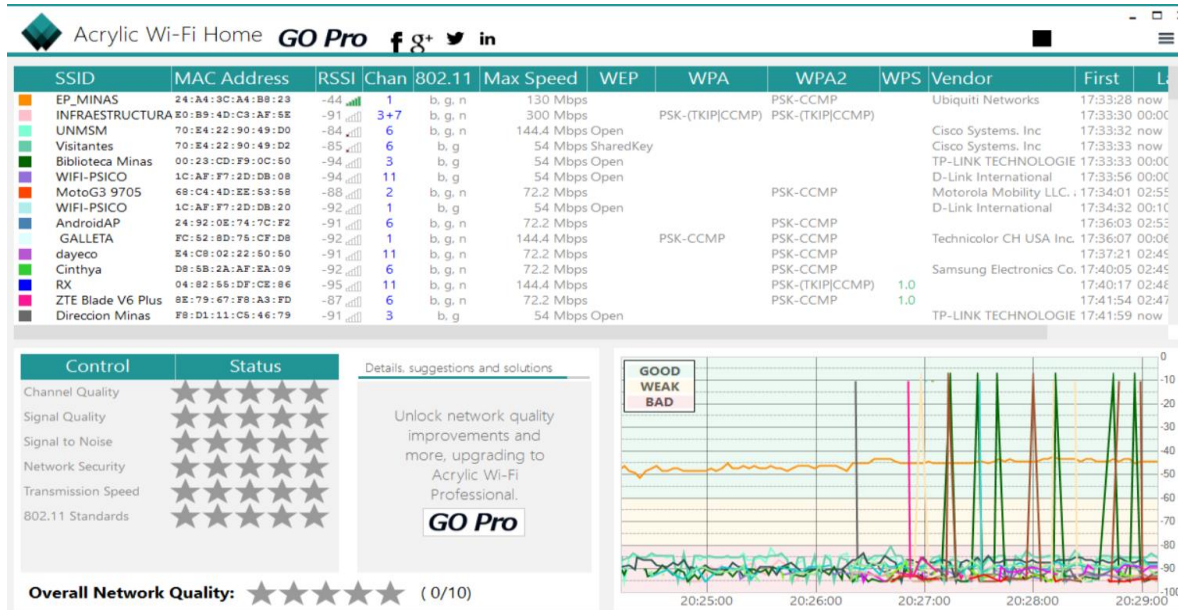


Figura 99. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en la Escuela Profesional de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 100 se muestra los datos del access point con SSID EP_AMBIENTAL de marca y modelo Ubiquiti NanoStationM2 ubicado en la oficina Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

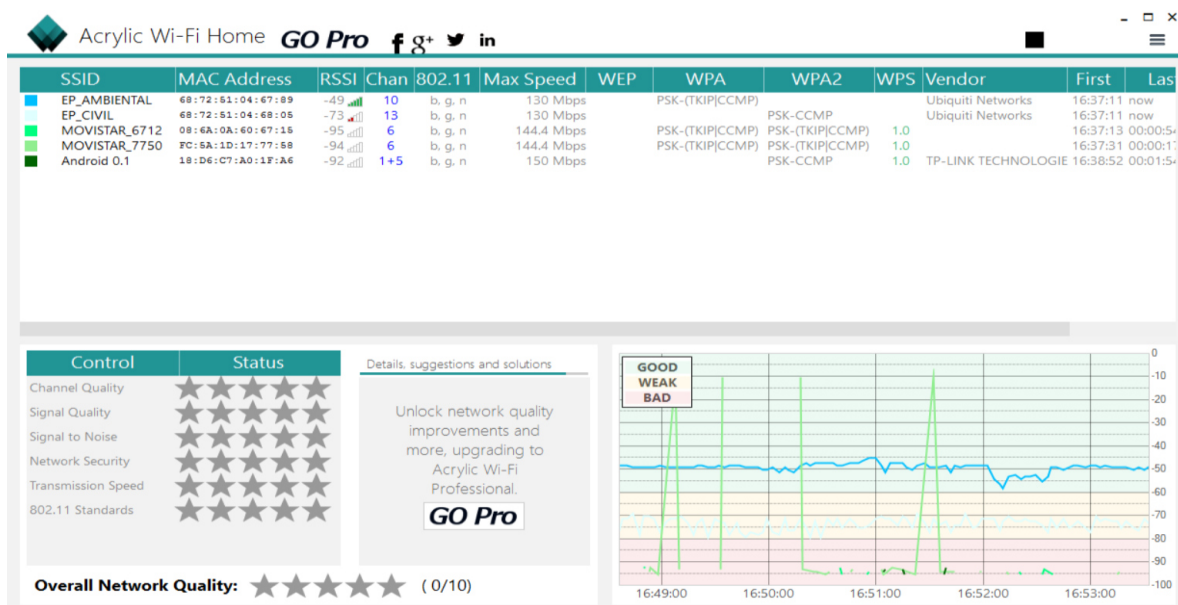


Figura 100. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en la oficina Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 101 se muestra los datos del access point con SSID FIGMMMG de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

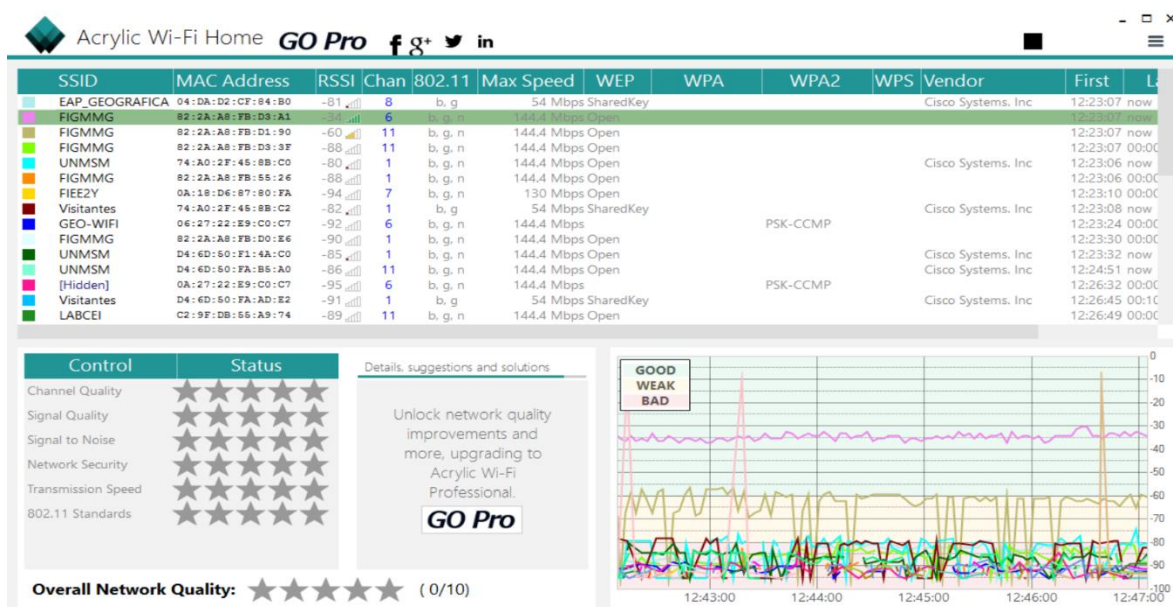


Figura 101. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 102 se muestra los datos del access point con SSID FIGMMMG de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

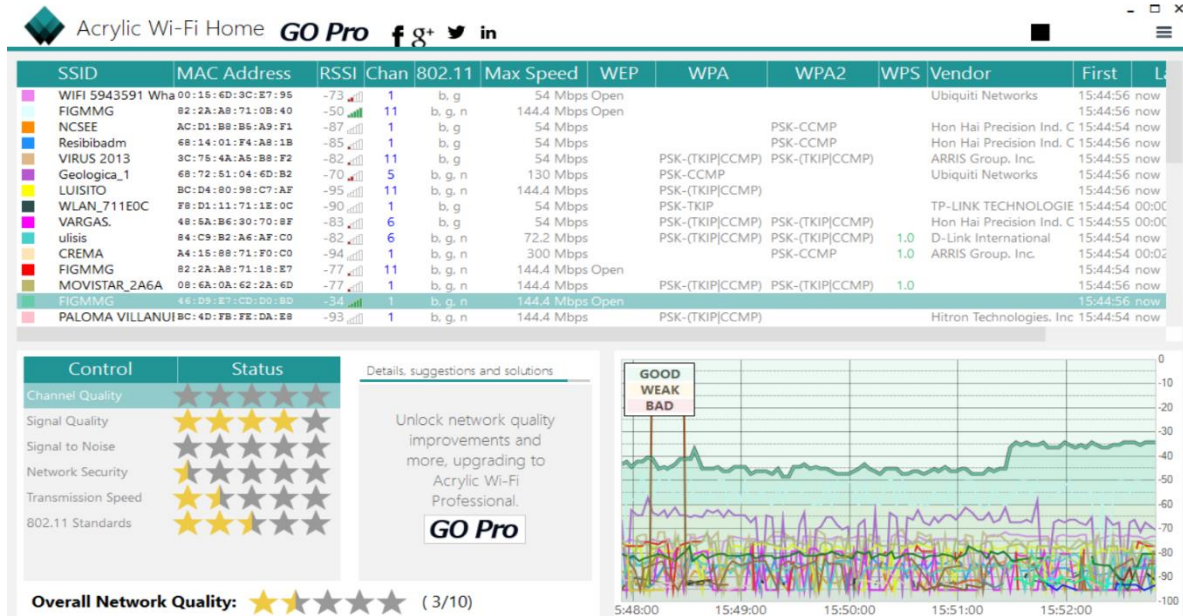


Figura 102. Características generales para el access point EP_MINAS ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 103 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID EP_MINAS ubicado en la Escuela Académica de Ingeniería de Minas al frente del Auditorio David Lowell, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

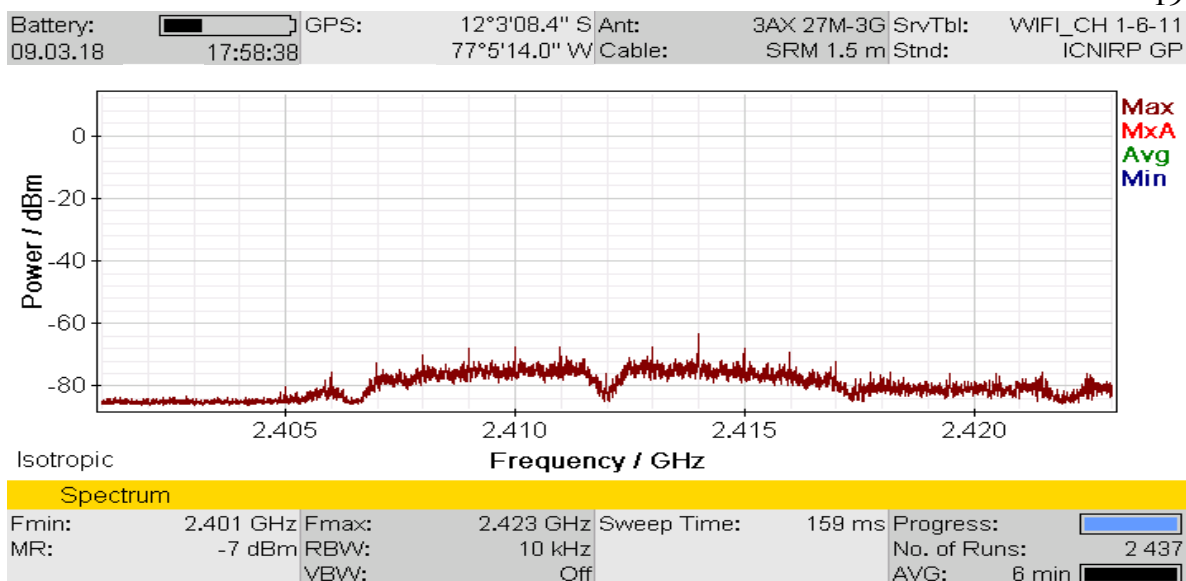


Figura 103. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point EP_MINAS ubicado en la Escuela Académica de Ingeniería de Minas al frente del Auditorio David Lowell.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 104 se muestra el espectro del canal de operación 10 del access point con SSID EP_AMBIENTAL ubicado en la oficina Escuela Académica de Ingeniería Ambiental, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

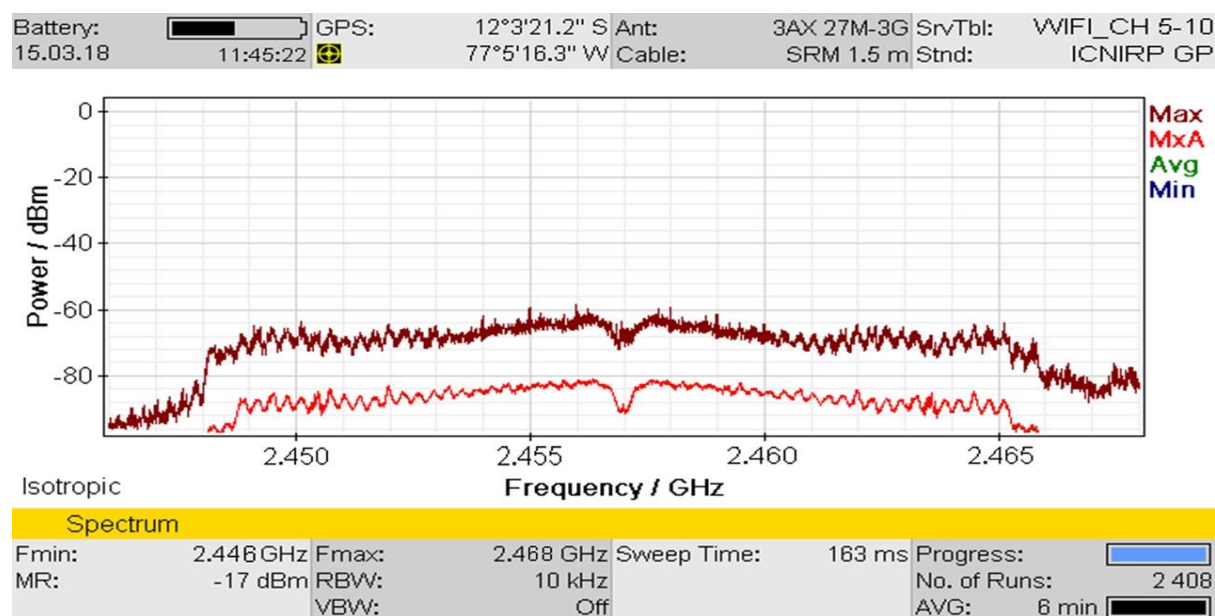


Figura 104. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point EP_AMBIENTAL ubicado en la oficina Escuela Académica de Ingeniería Ambiental.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 105 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID EAPMETALURGIA ubicado en la escalera del tercer piso ubicado en la escalera del tercer piso de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

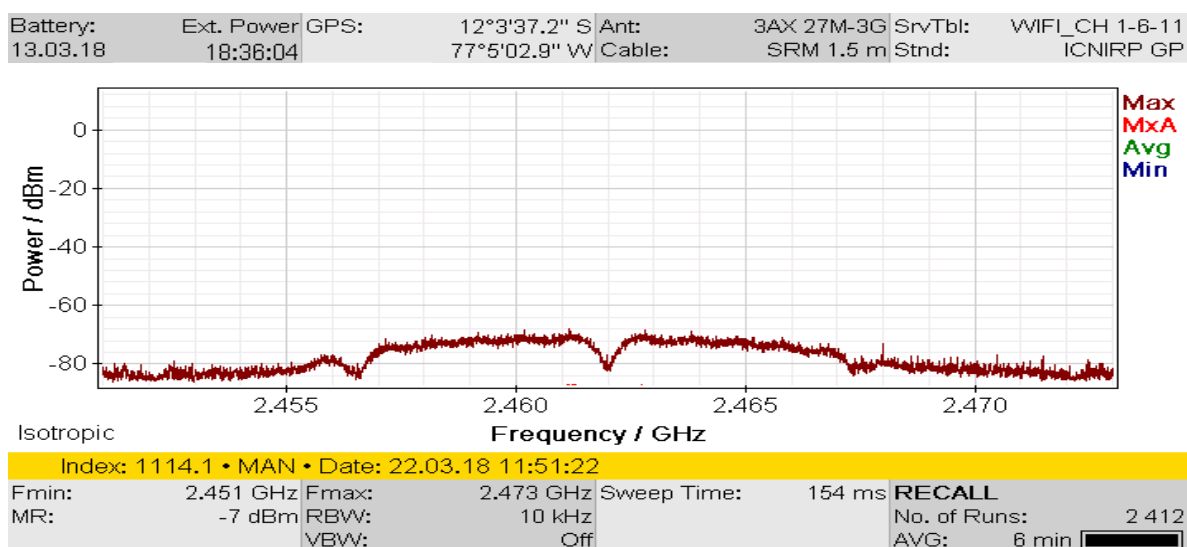


Figura 105. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point EAPMETALURGIA ubicado en la escalera del tercer piso ubicado en la escalera del tercer piso de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 106 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID FIGMMG ubicado en el Aula 101 ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

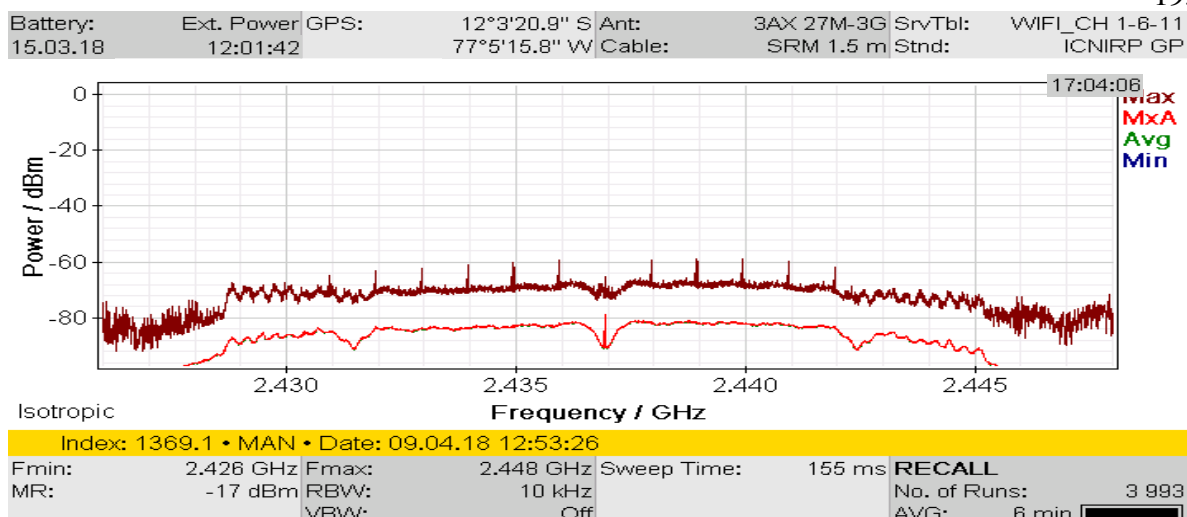


Figura 106. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point FIGMMG ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 107 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID FIGMMG ubicado en el AULA 306 ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

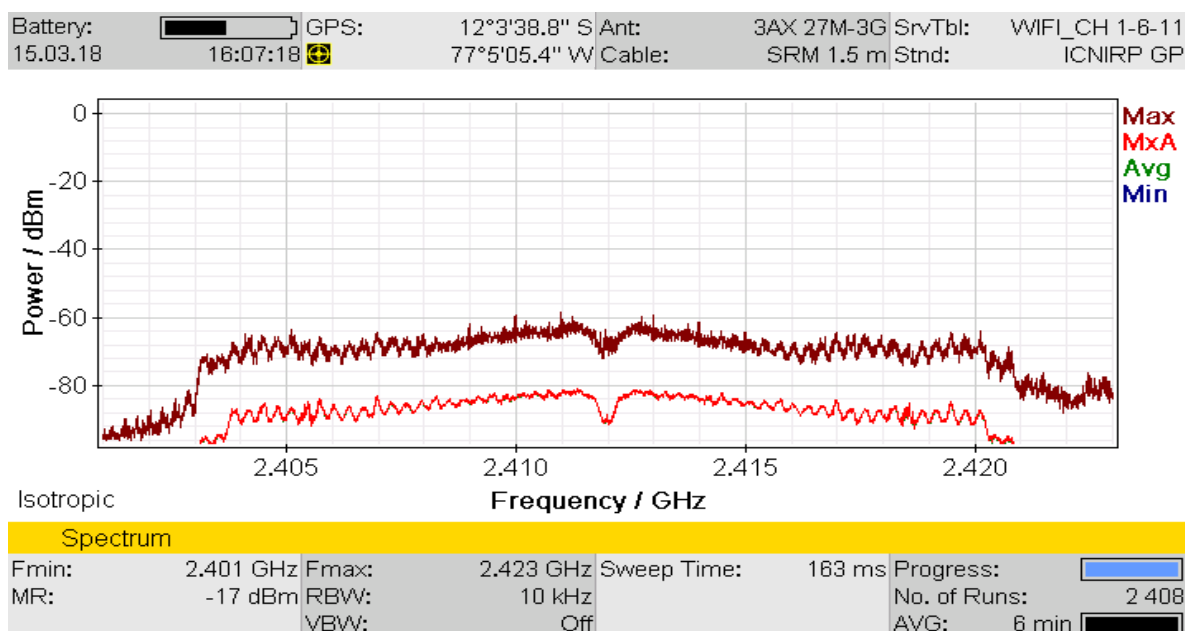


Figura 107. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point FIGMMG ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 108 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID EP_MINAS ubicado en la Escuela Académica de Ingeniería de Minas al frente del Auditorio David Lowell.

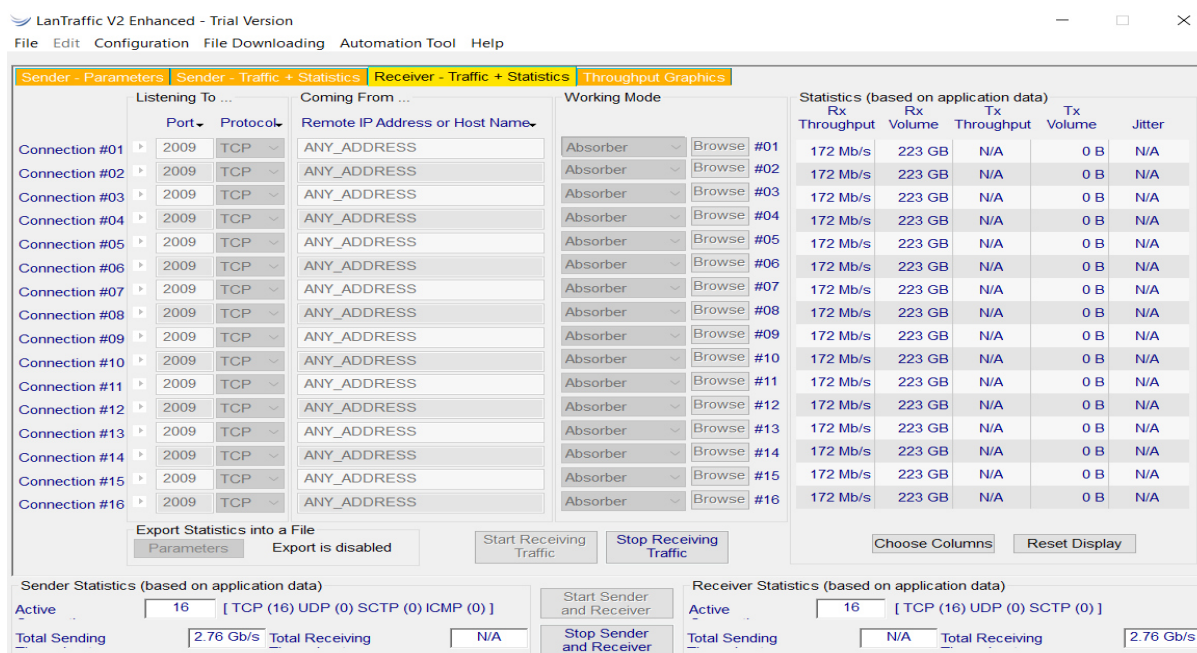


Figura 108. Tráfico generado en la red EP_MINAS ubicado en la Escuela Académica de Ingeniería de Minas al frente del Auditorio David Lowell.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 109 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID EP_AMBIENTAL ubicado en la oficina Escuela Académica de Ingeniería Ambiental.

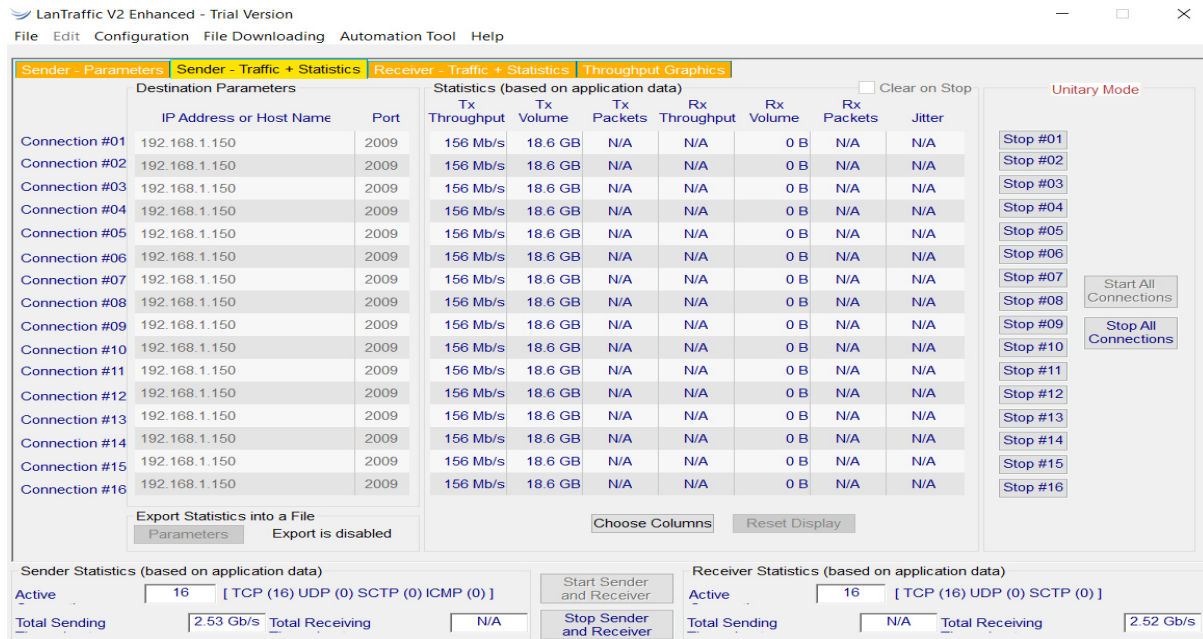


Figura 109. Tráfico generado en la red EP_AMBIENTAL ubicado en la oficina Escuela Académica de Ingeniería Ambiental.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 110 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID FIGMMG ubicado en el Aula 101 ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica.

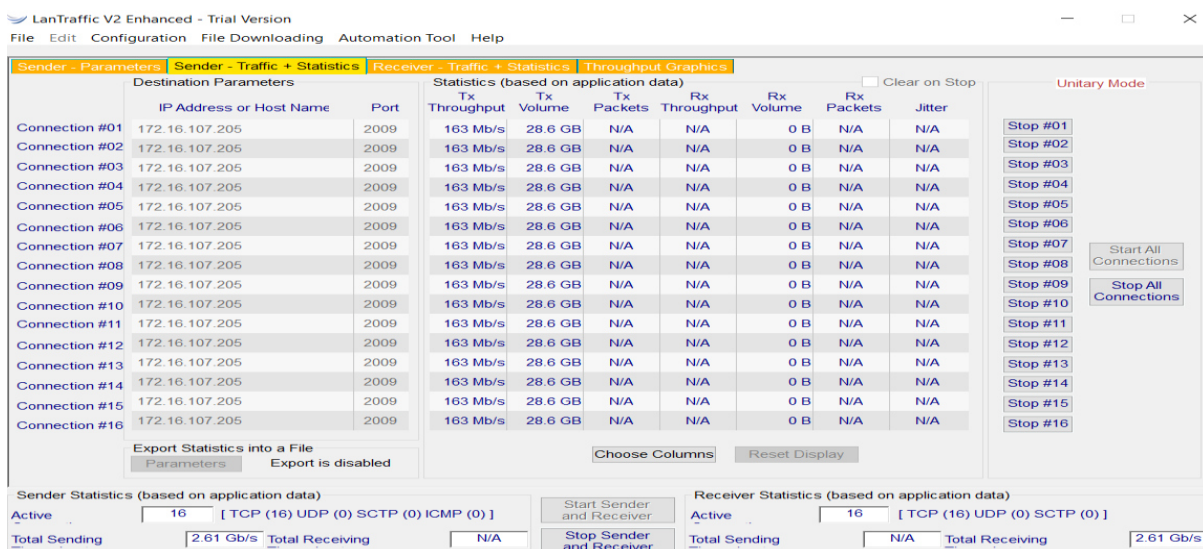


Figura 110. Tráfico generado en la red FIGMMG ubicado en el Aula 101 ubicado en el Aula 101 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 111 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID FIGMMG ubicado en el AULA 306 ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

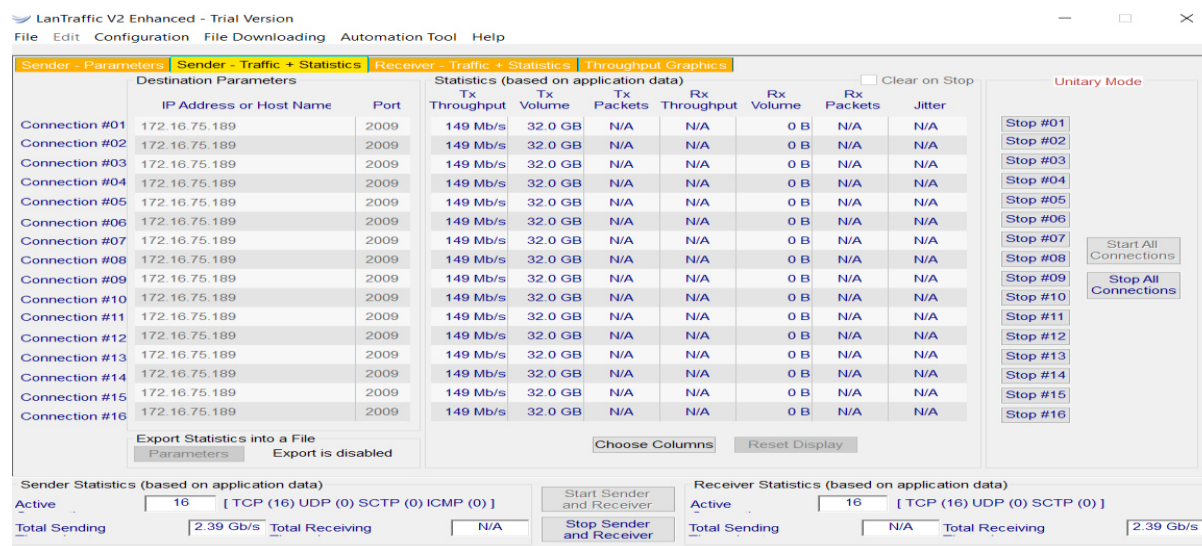


Figura 111. Tráfico generado en la red FIGMMG ubicado en el AULA 306 ubicado en el Aula 306 de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgia y Geográfica, se evaluó tres ambientes interiores: oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental, aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica y el aula 306 de la E. P. de Ingeniería Geológica. Para ello, se dividió los ambientes en cuadrículas con un área de 16m^2 , como se observa en la Figura 112, Figura 113 y en la Figura 114.

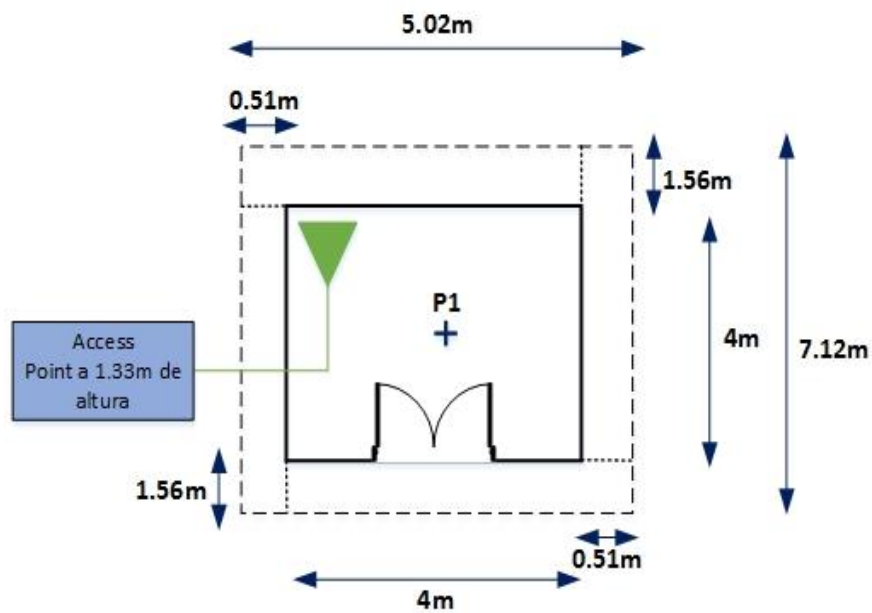


Figura 112. Esquema de los puntos de medición en la oficina de la E. P. de Ingeniería Ambiental.
Fuente: Elaboración propia.

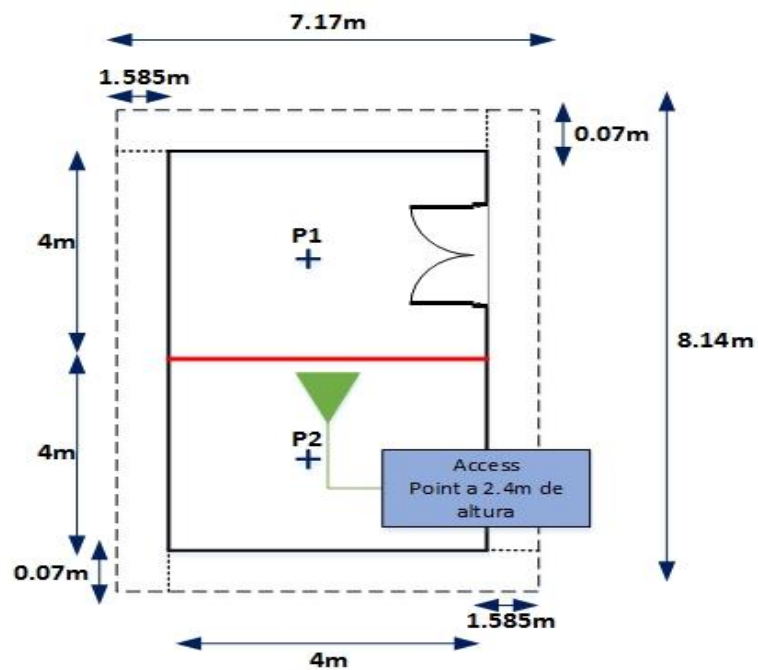


Figura 113. Esquema de los puntos de medición en el aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica.
Fuente: Elaboración propia.

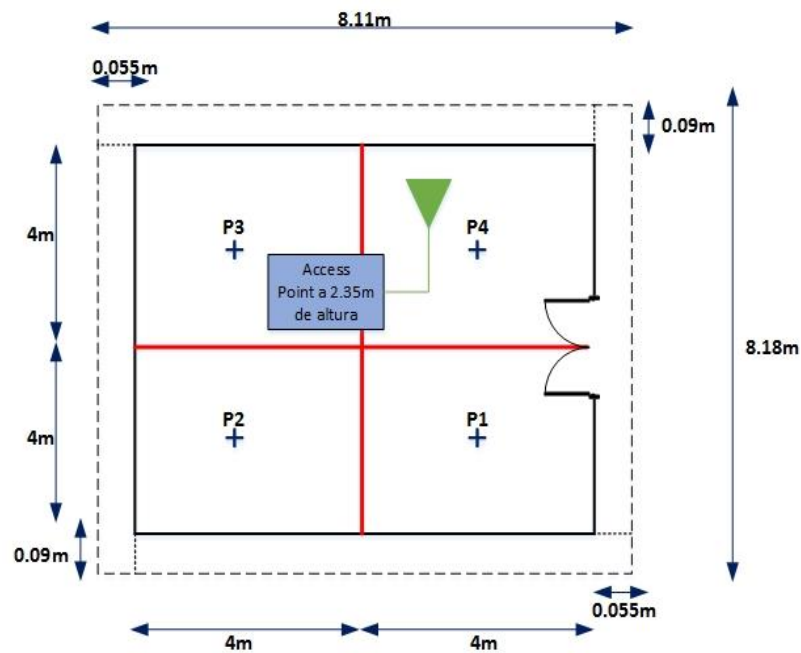


Figura 114. Esquema de los puntos de medición en el aula 101 de la E. P. de Ingeniería Geográfica.

Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgia y Geográfica, se evaluó dos ambientes exteriores: E. P. de Ingeniería Minas al frente del Auditorio David Lowell y en la Escalera del tercer piso de la E. P. de Ingeniería Metalúrgica. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 115.

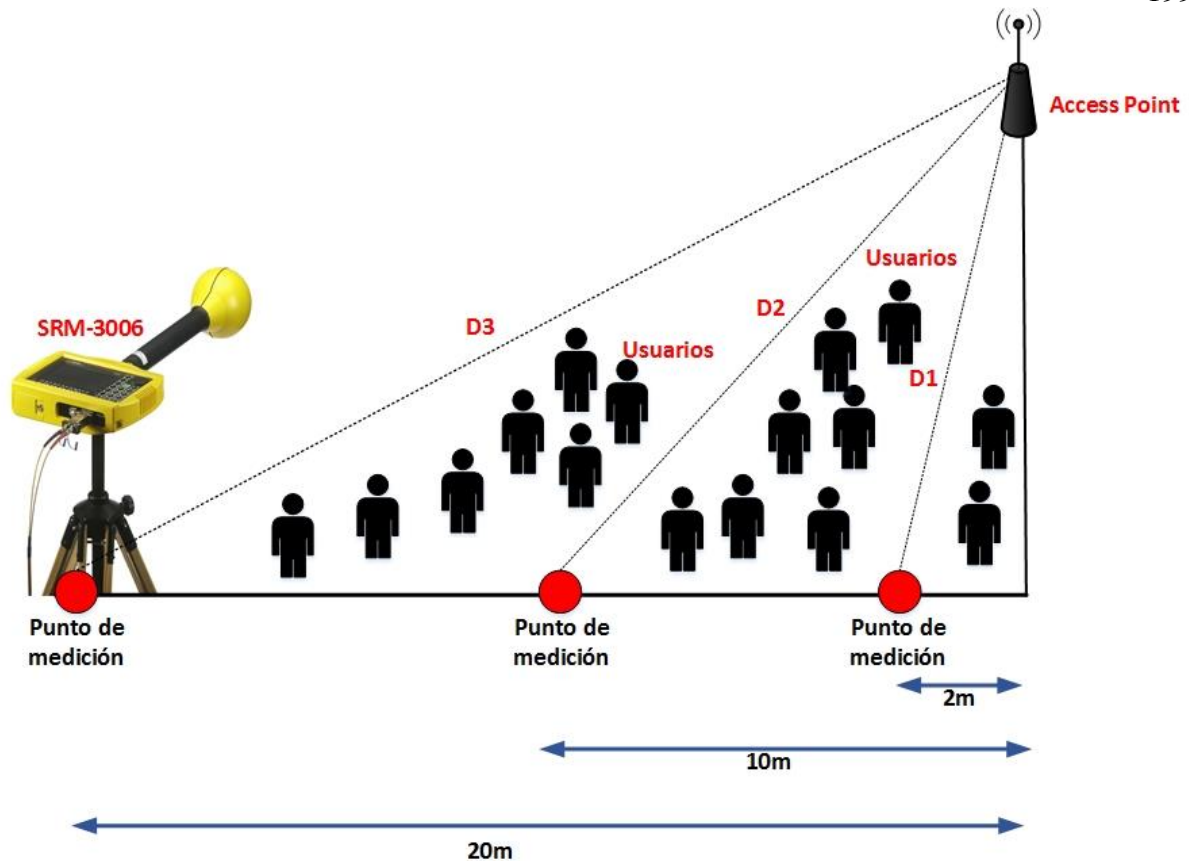


Figura 115. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgia y Geográfica.

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Ingeniería Industrial

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 116 se muestra los datos del access point con SSID :INDUSTRIAL:. de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado afuera del aula N° 304, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.



Figura 116. Características generales para el access point :INDUSTRIAL: ubicado afuera del aula N° 304 usando el Software Acrylic.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 117 se muestra los datos del access point con SSID :INDUSTRIAL: de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado afuera del aula N° 203, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

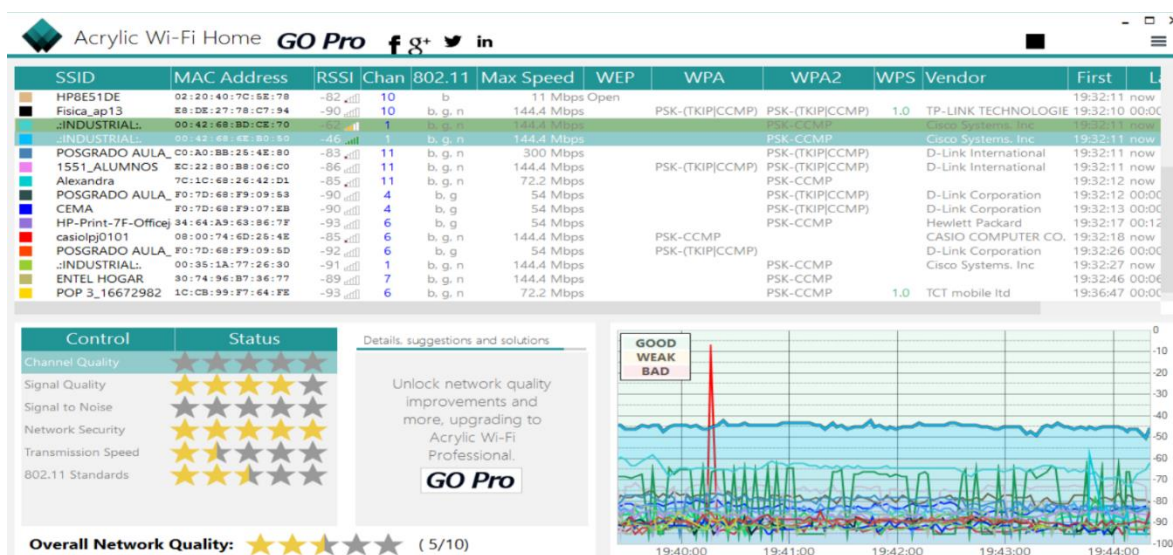


Figura 117. Características generales para el access point :INDUSTRIAL: ubicado afuera del aula N° 203 usando el Software Acrylic.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 118 se muestra los datos del access point con SSID BIBLIOTECA_FII de marca y modelo D-Link DWL-3200AP ubicado en el interior de la sala de lectura, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

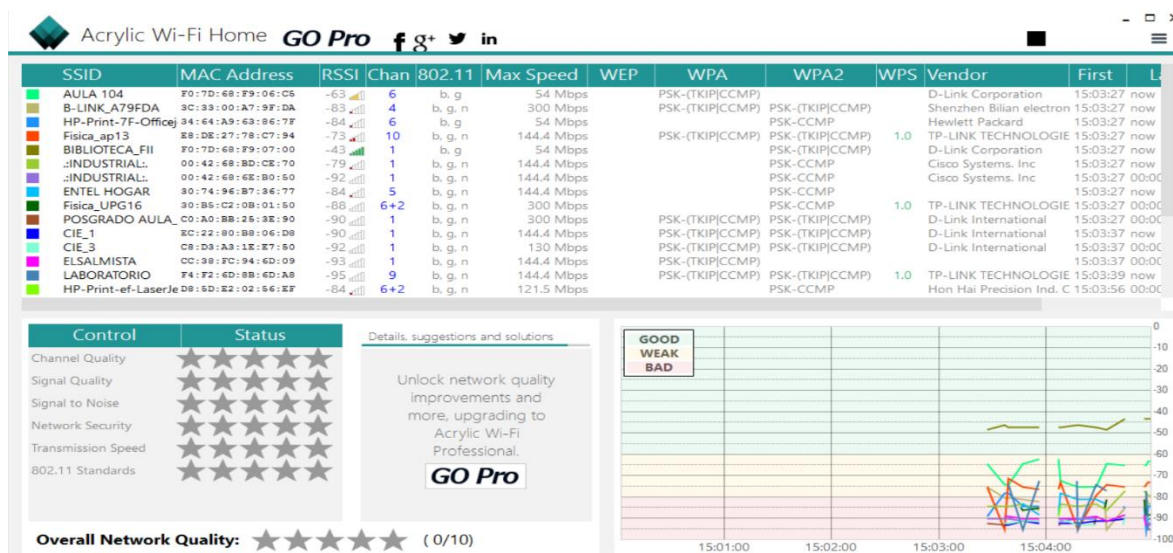


Figura 118. Características generales para el access point BIBLIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 119 se muestra los datos del access point con SSID POSGRADO AULA_B de marca y modelo D-Link DWL-3200AP ubicado en el interior del aula B de Posgrado, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

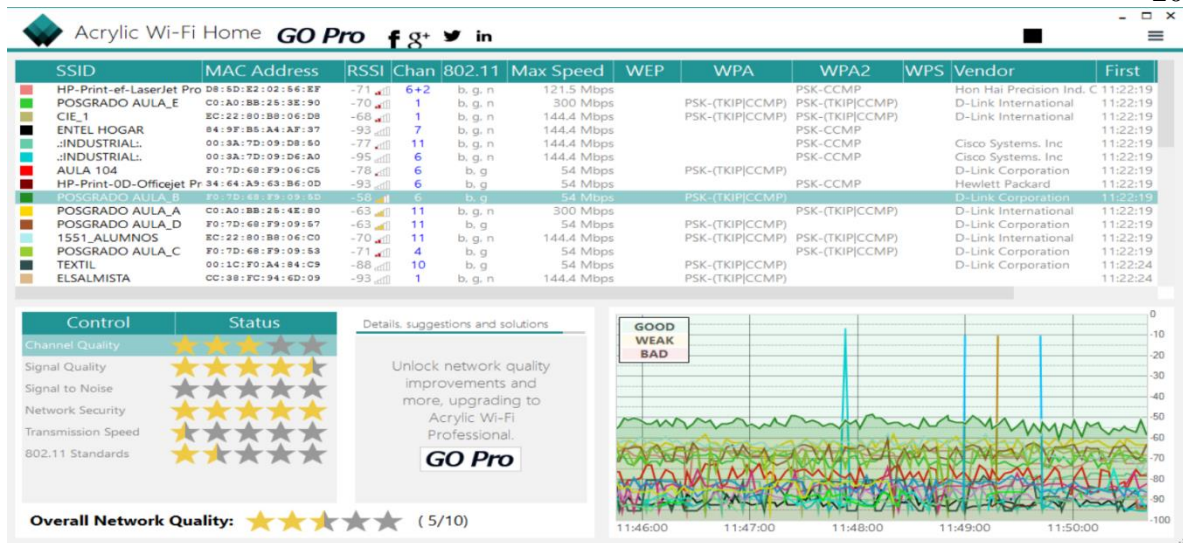


Figura 119. Características generales para el access point POSGRADO AULA_B ubicado en el interior del aula B de Posgrado usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 120 se muestra los datos del access point con SSID :INDUSTRIAL:. de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el interior del laboratorio N°6, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

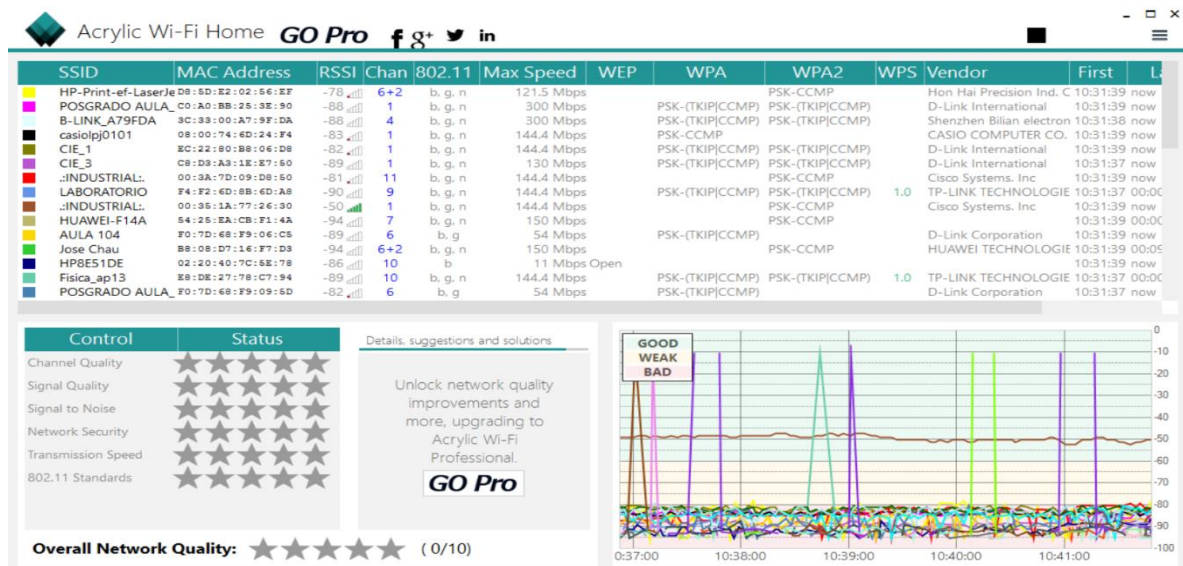


Figura 120. Características generales para el access point :INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 121 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID :.INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 304, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

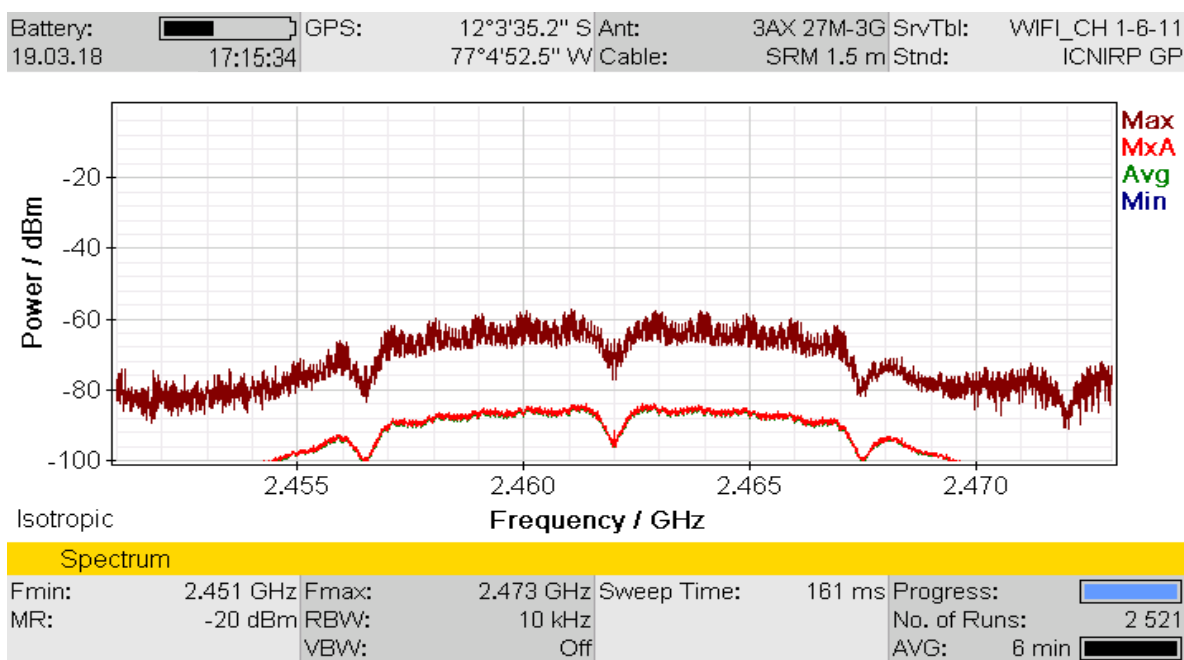


Figura 121. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point :.INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 304.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 122 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID :.INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 203, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

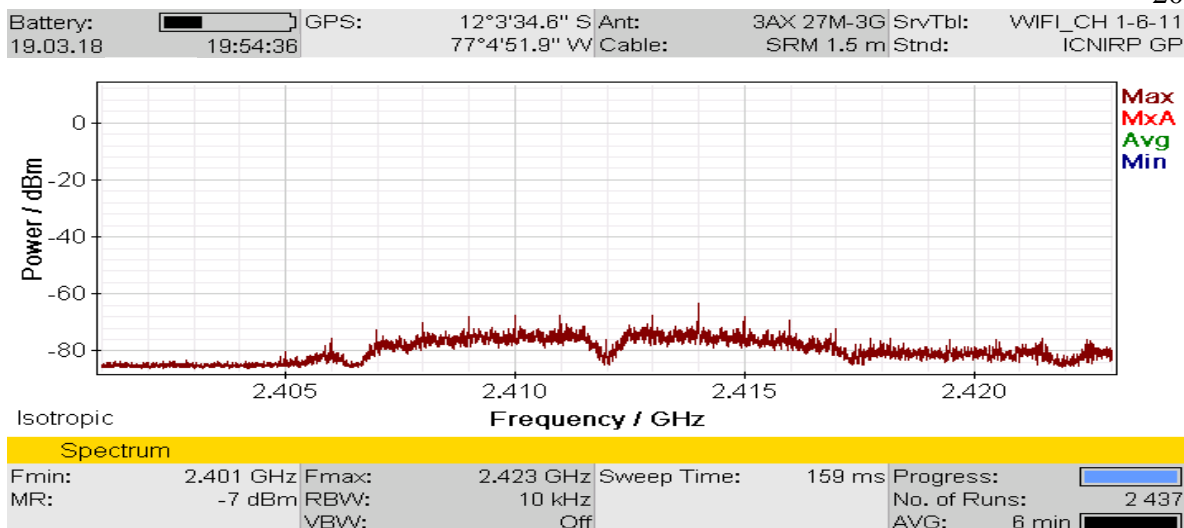


Figura 122. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 203.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 123 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID BIBLIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

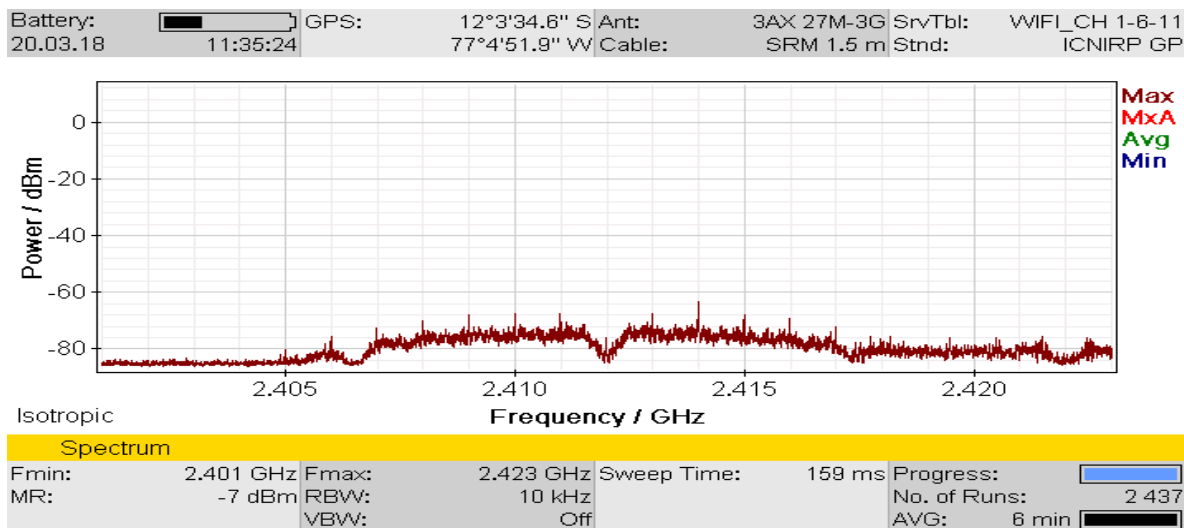


Figura 123. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point BIBLIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 124 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID POSGRADO AULA_ B ubicado en el interior del aula B de Posgrado, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

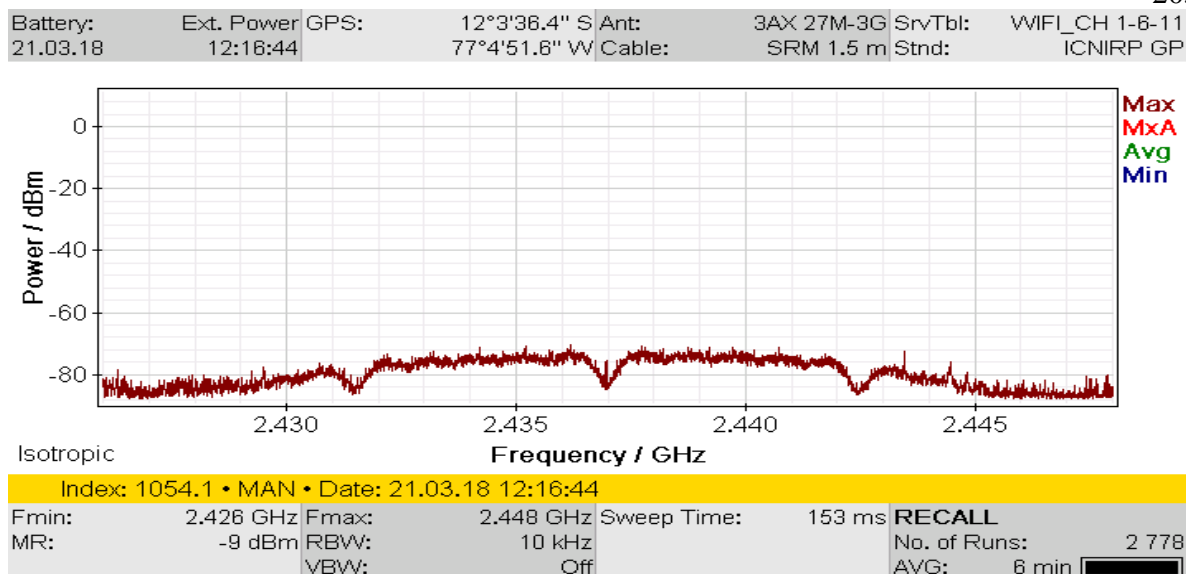


Figura 124. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point POSGRADO AULA_B ubicado en el interior del aula B de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 125 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID :.INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

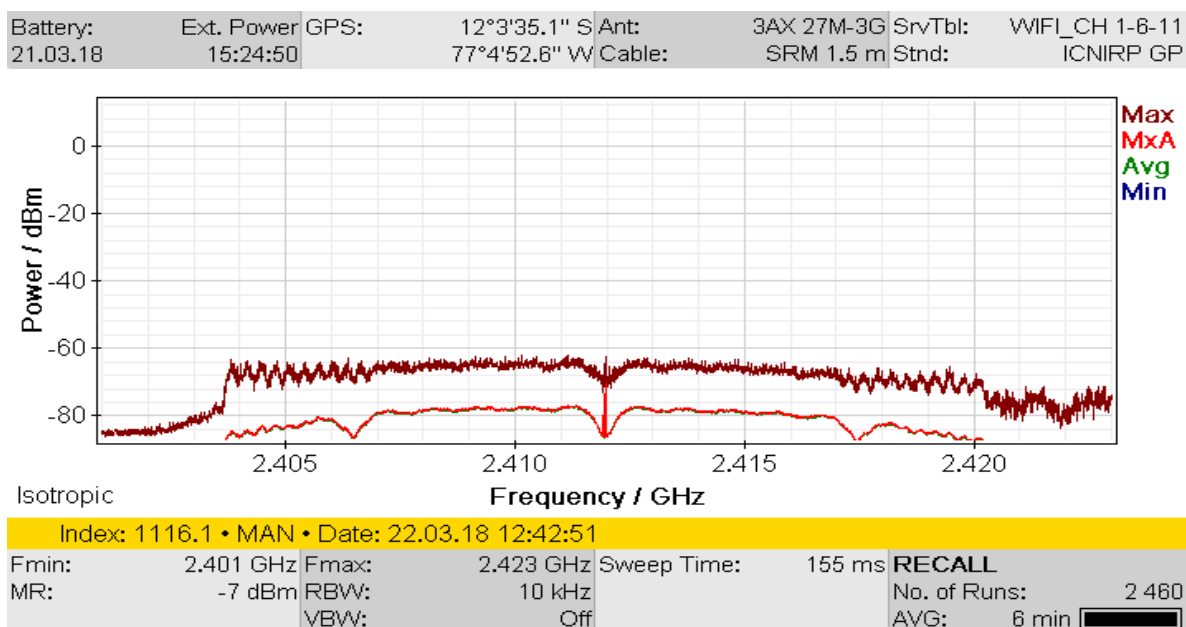


Figura 125. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point :.INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 126 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 304.

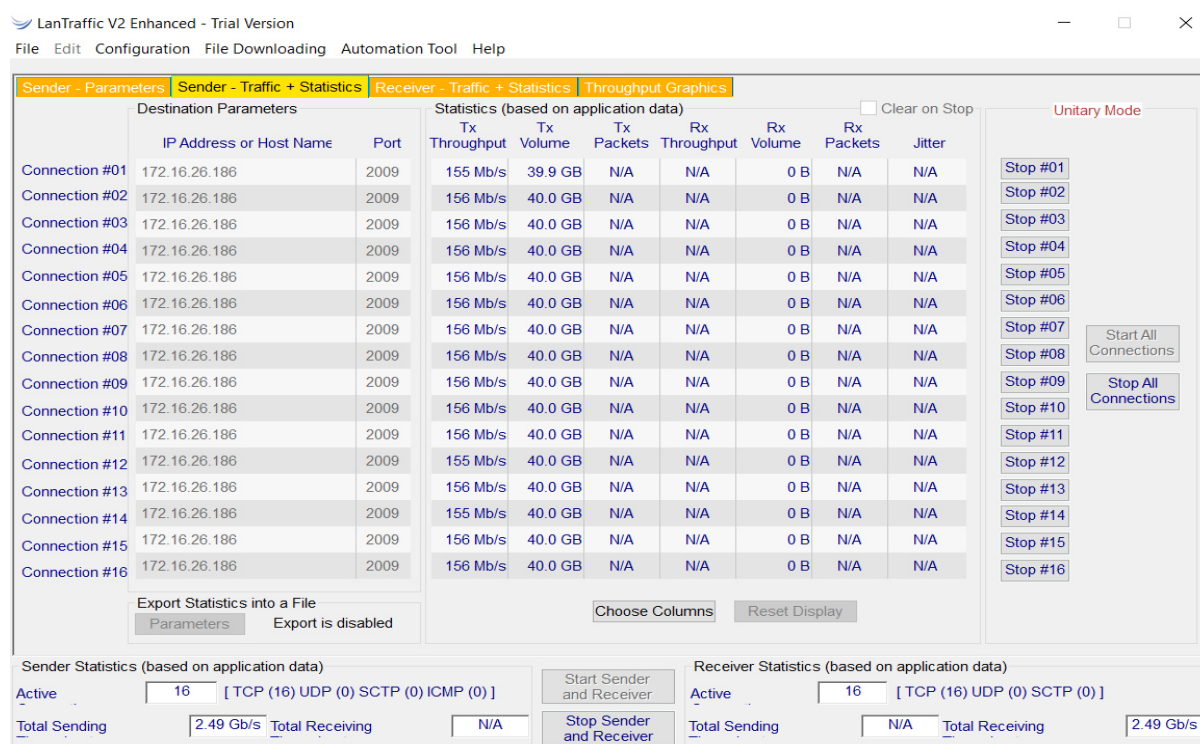


Figura 126. Tráfico generado en la red .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 304.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 127 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 203.

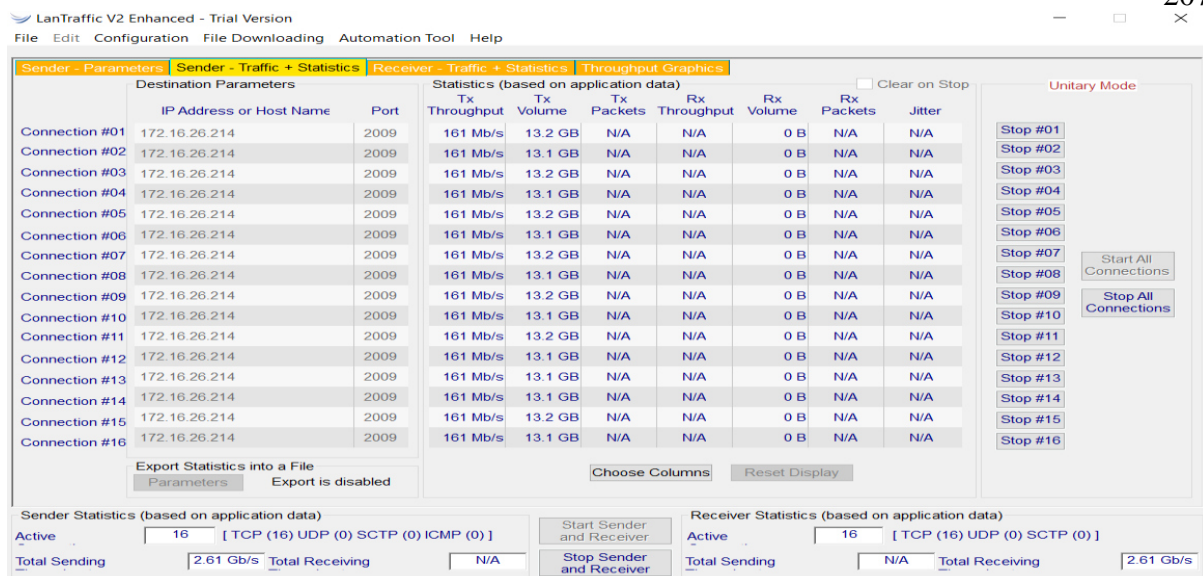


Figura 127. Tráfico generado en la red .:INDUSTRIAL:. ubicado afuera del aula N° 203.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 128 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID BILIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura.

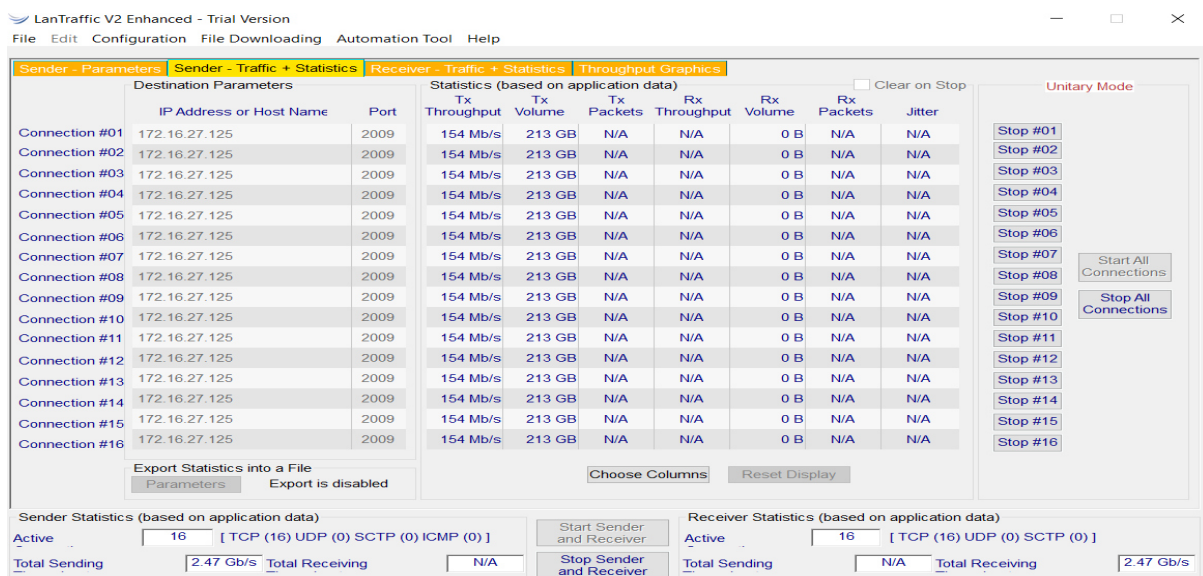


Figura 128. Tráfico generado en la red BILIOTECA_FII ubicado en el interior de la sala de lectura.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 129 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID POSGRADO AULA_B ubicado en el interior del aula B de Posgrado.

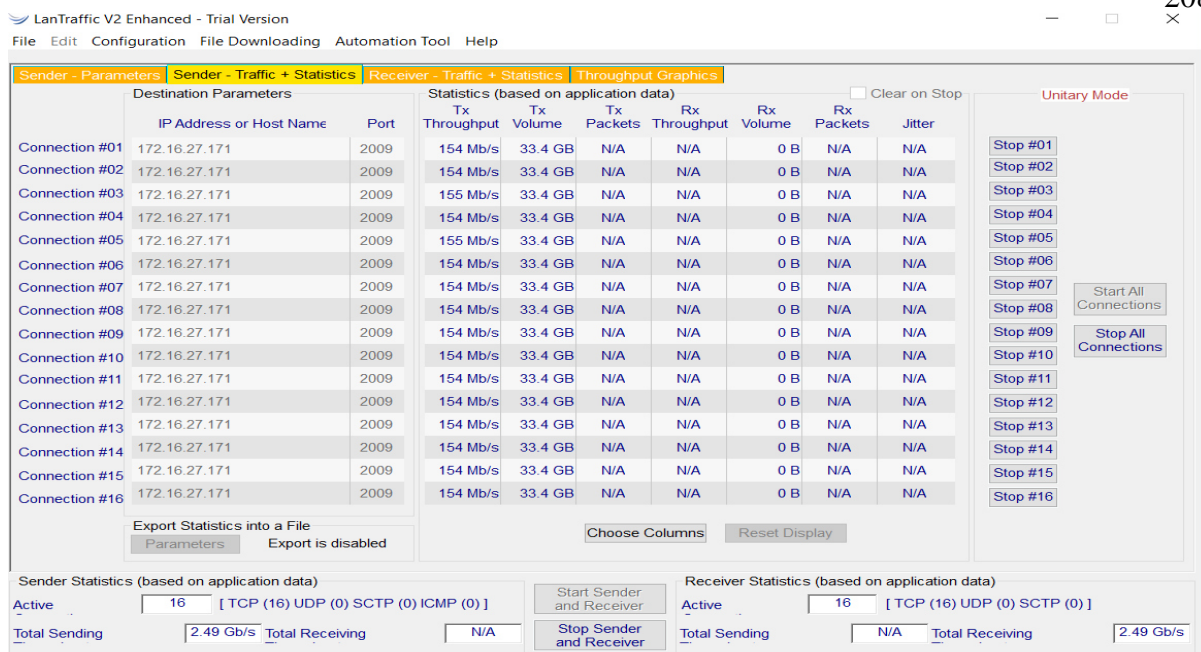


Figura 129. Tráfico generado en la red POSGRADO AULA_ B ubicado en el interior del aula B de Posgrado.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 130 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID .:INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6.

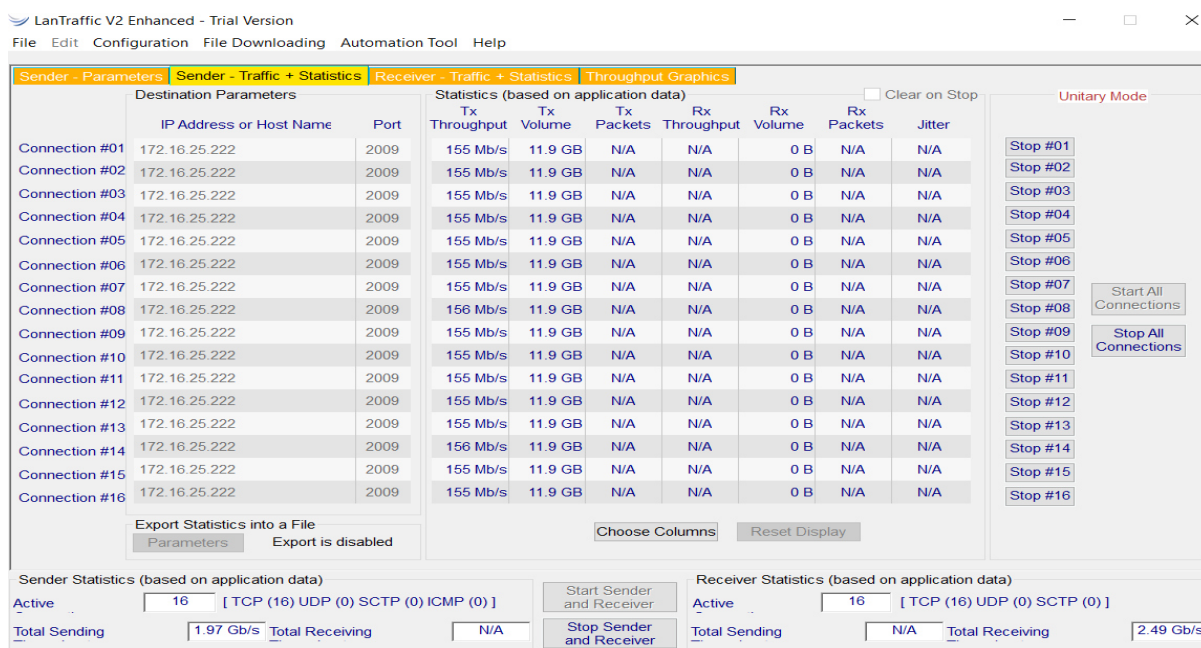


Figura 130. Tráfico generado en la red .:INDUSTRIAL:. ubicado en el interior del laboratorio N°6.
Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Ingeniería Industrial, se evaluó tres ambientes interiores: la sala de lectura, el aula B de Posgrado y el laboratorio N°6. Para ello, se dividió los ambientes en cuadrículas con un área de 16m^2 , como se observa en la Figura 131, Figura 132 y en la Figura 133.

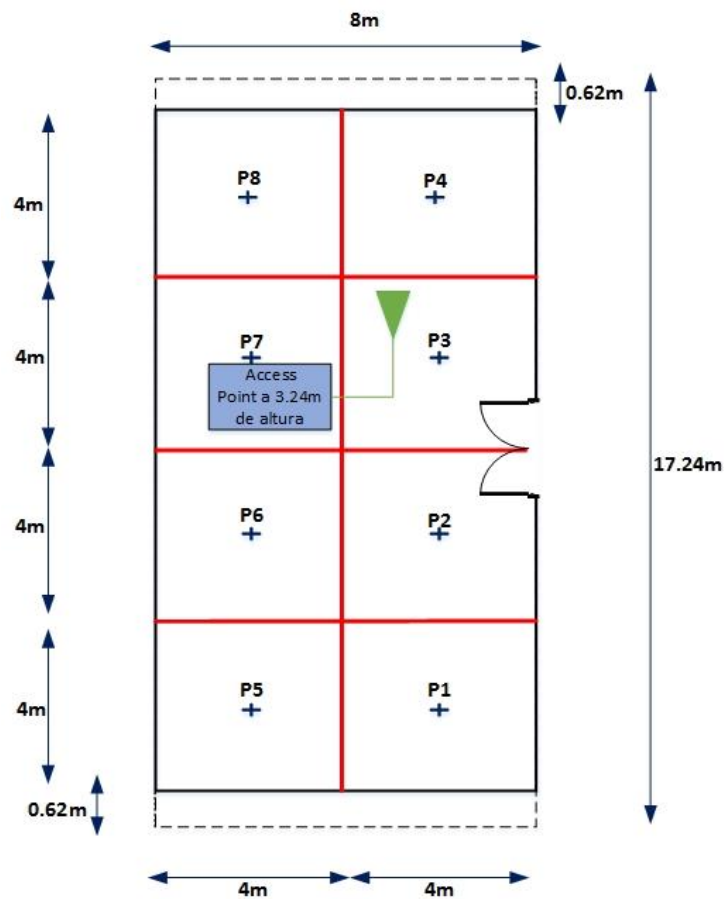


Figura 131. Esquema de los puntos de medición en la sala de lectura.
Fuente: Elaboración propia.

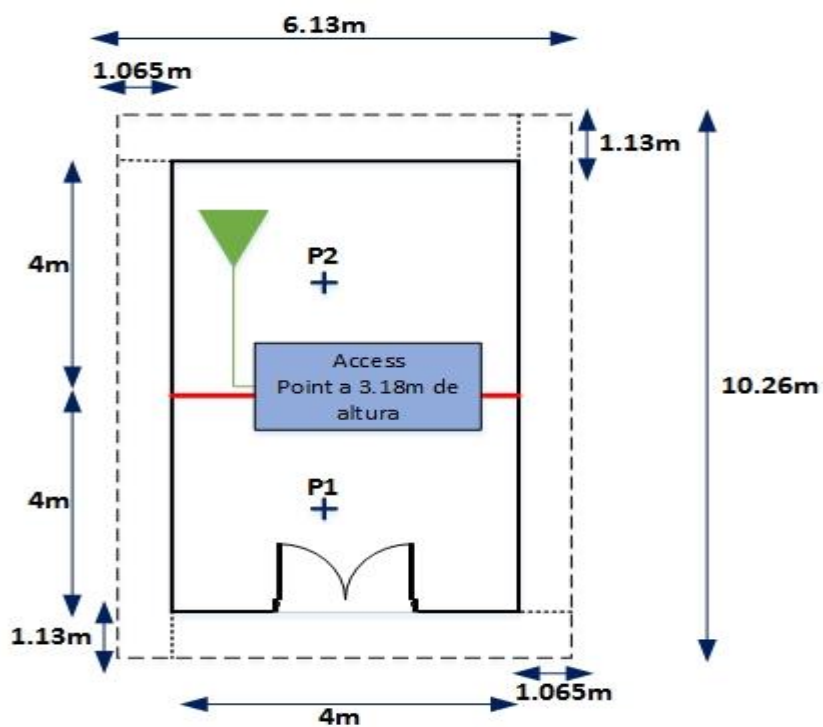


Figura 132. Esquema de los puntos de medición en el aula B de Posgrado.
Fuente: Elaboración propia.

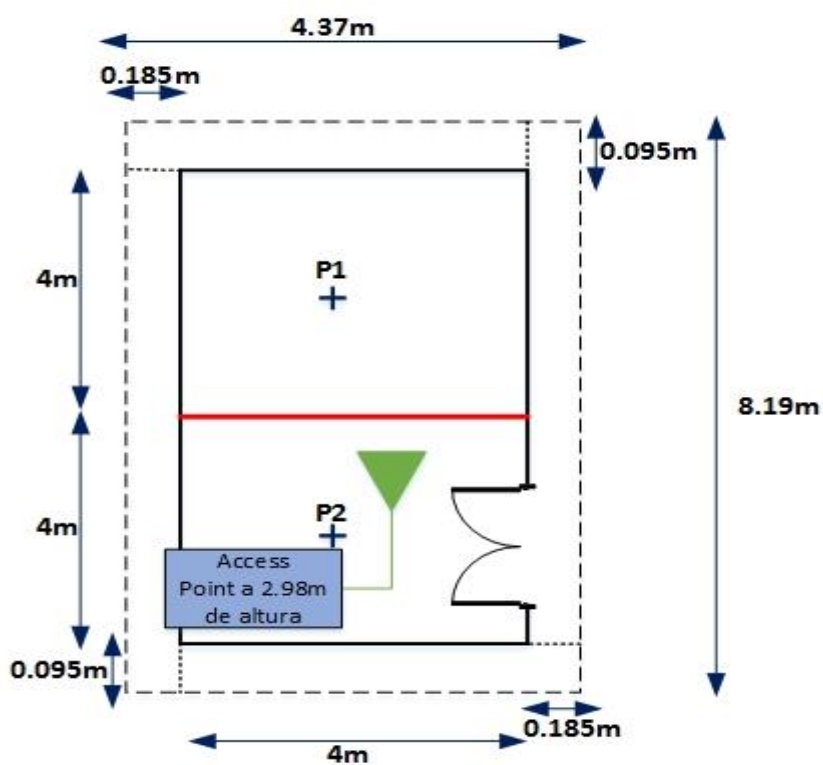


Figura 133. Esquema de los puntos de medición en el laboratorio N°6.
Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Ingeniería Industrial, se evaluó dos ambientes exteriores: tercer piso afuera del aula N° 304 y el segundo piso afuera del aula N° 203. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 134.

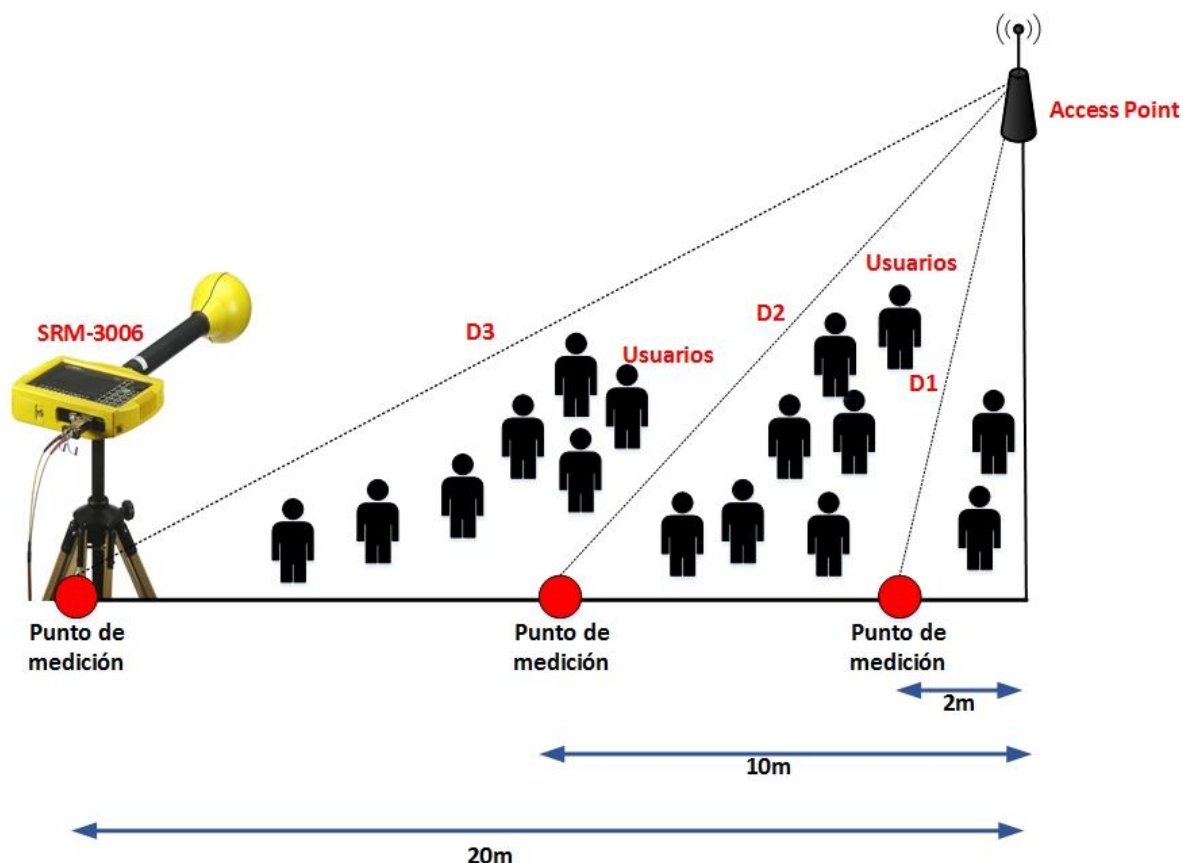


Figura 134. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Ciencias Biológicas

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 135 se muestra los datos del access point con SSID UNMSM de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

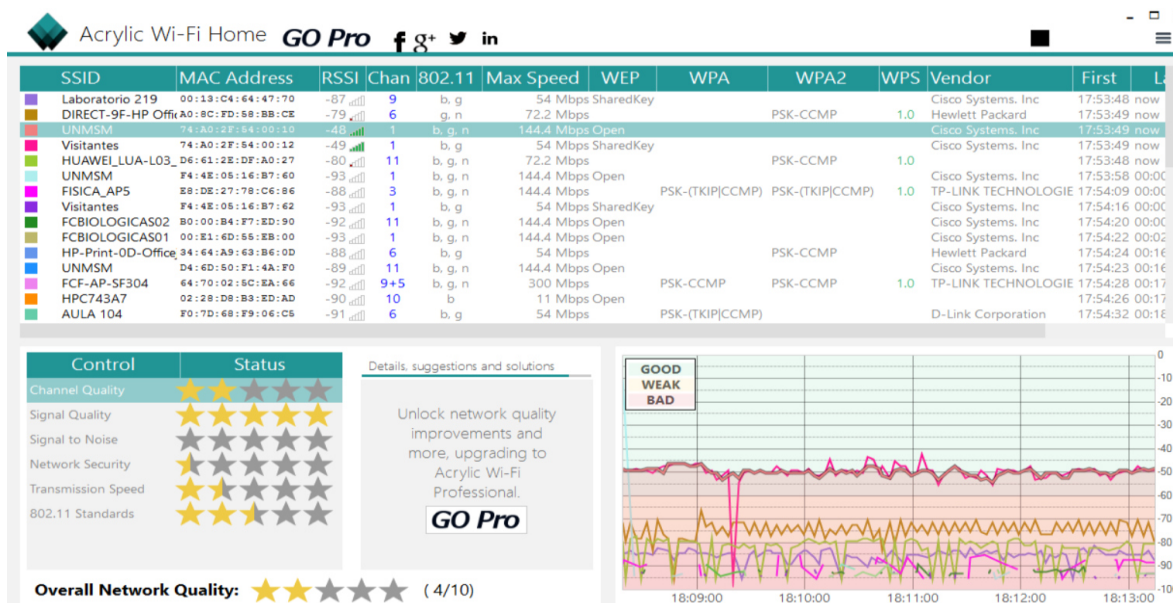


Figura 135. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 136 se muestra los datos del access point con SSID UNMSM de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

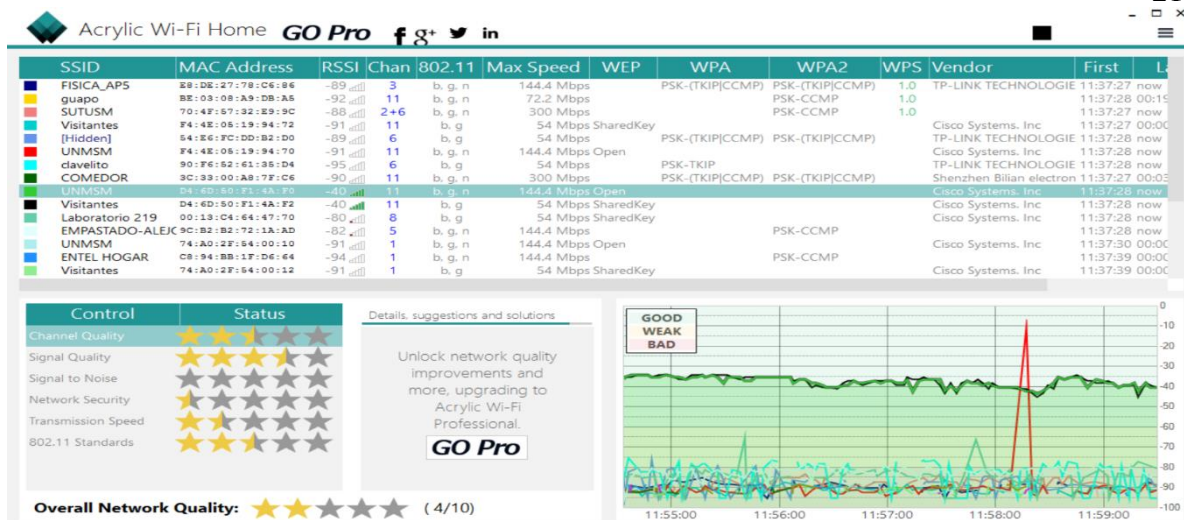


Figura 136. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 137 se muestra los datos del access point con SSID FCBIOLOGICAS02 de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

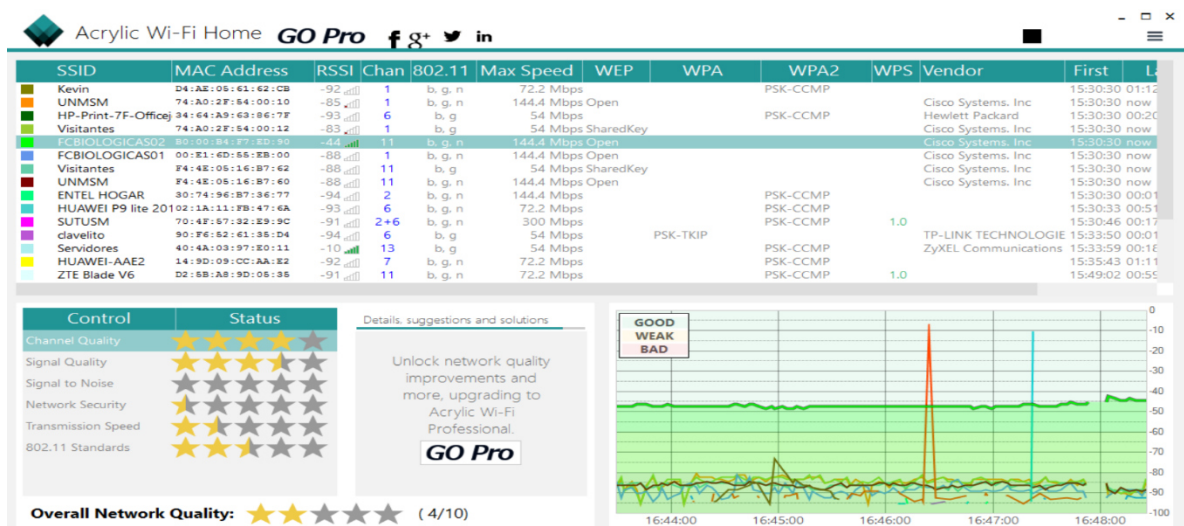


Figura 137. Características generales para el access point FCBIOLOGICAS02 ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 138 se muestra los datos del access point con SSID FCBIOLOGICAS01 de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el interior de la sala de cómputo,

adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.



Figura 138. Características generales para el access point FCBIOLOGICAS01 ubicado en el interior de la sala de cómputo usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 139 se muestra los datos del access point con SSID UPGBIOLOGIA de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

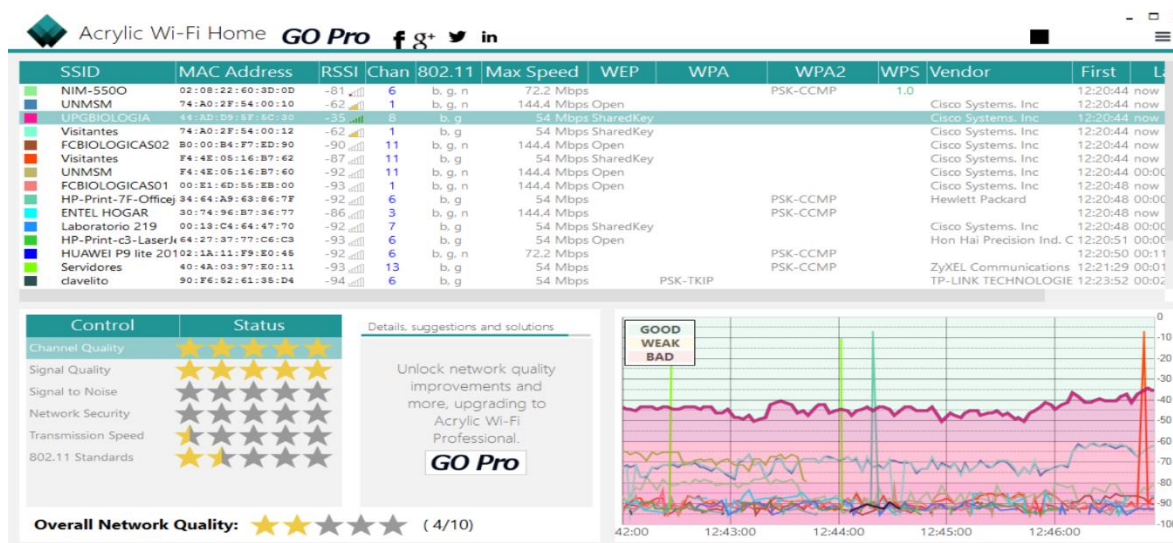


Figura 139. Características generales para el access point UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 140 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

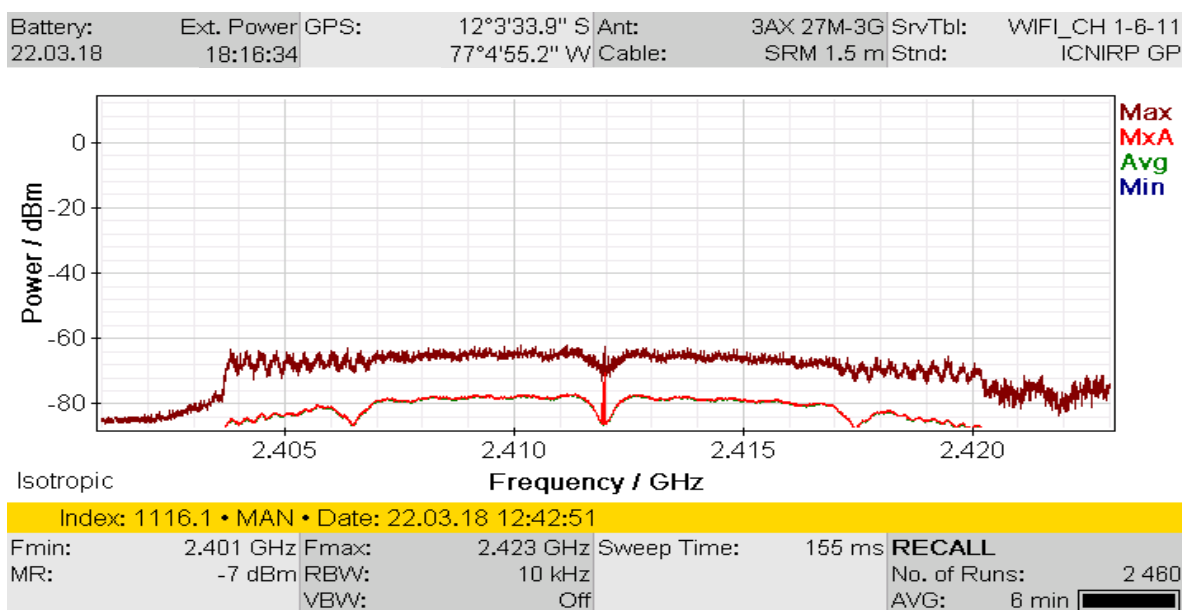


Figura 140. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 141 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

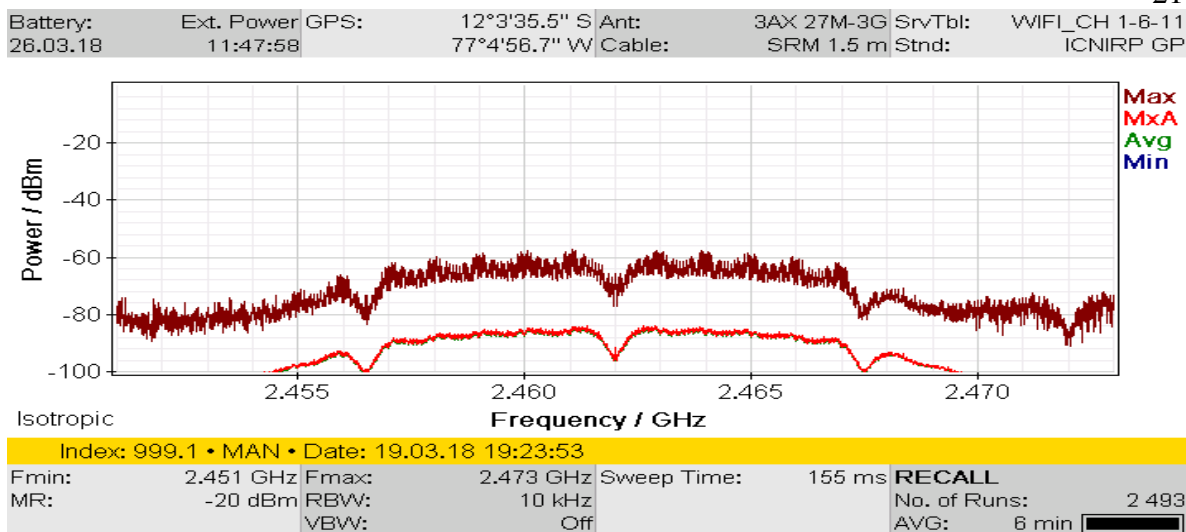


Figura 141. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 142 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID FCBIOLOGICAS02 ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

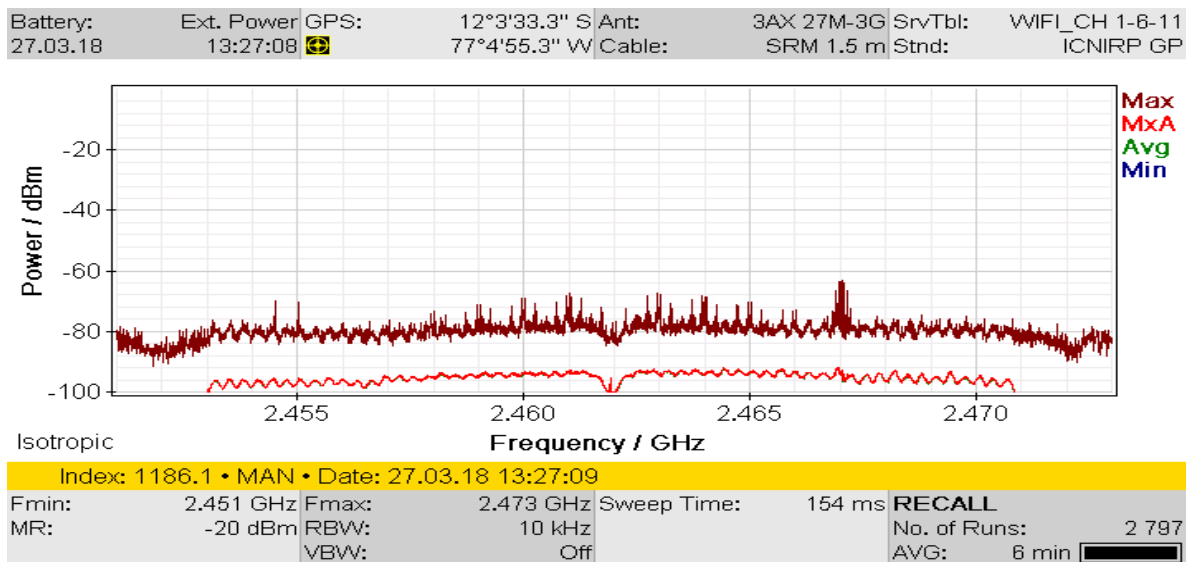


Figura 142. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 143 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID FCBIOLOGICAS01 ubicado en el interior de la sala de cómputo, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

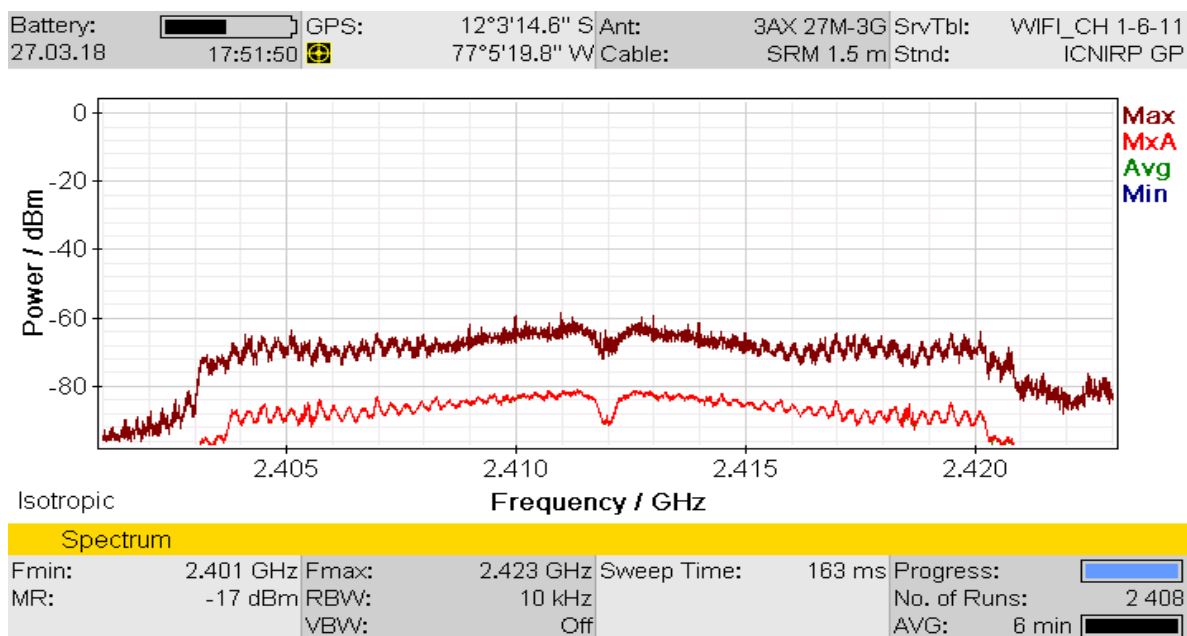

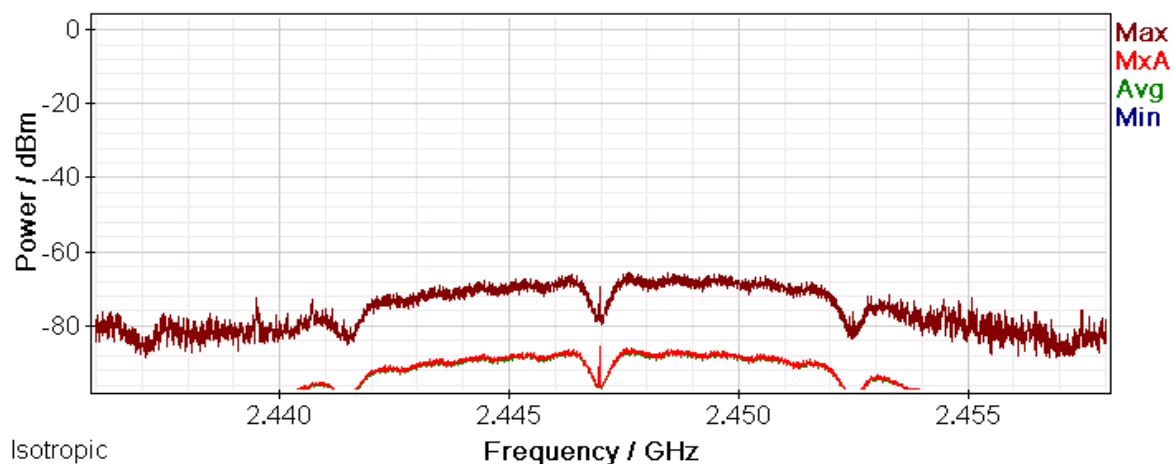


Figura 143. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UNMSM ubicado en el interior de la sala de cómputo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 144 se muestra el espectro del canal de operación 08 del access point con SSID UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

Battery:	Ext. Power	GPS:	12°3'33.6" S	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	WIFI_CH 3-8-13
28.03.18	15:46:16		77°4'55.2" W	Cable:	SRM 1.5 m	Stnd:	ICNIRP GP



Index: 1237.1 • MAN • Date: 28.03.18 16:19:05							
Fmin:	2.436 GHz	Fmax:	2.458 GHz	Sweep Time:	154 ms	RECALL	
MR:	-17 dBm	RBW:	10 kHz			No. of Runs:	3 441
		VBW:	Off			AVG:	6 min 

Figura 144. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 145 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia.

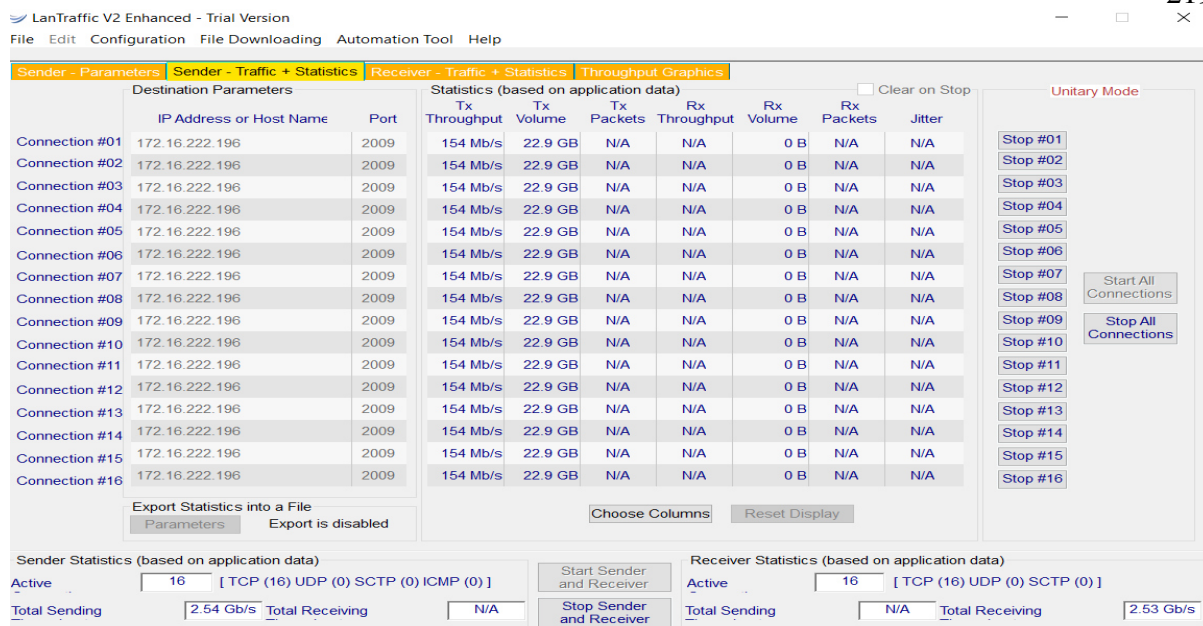


Figura 145. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 146 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación.

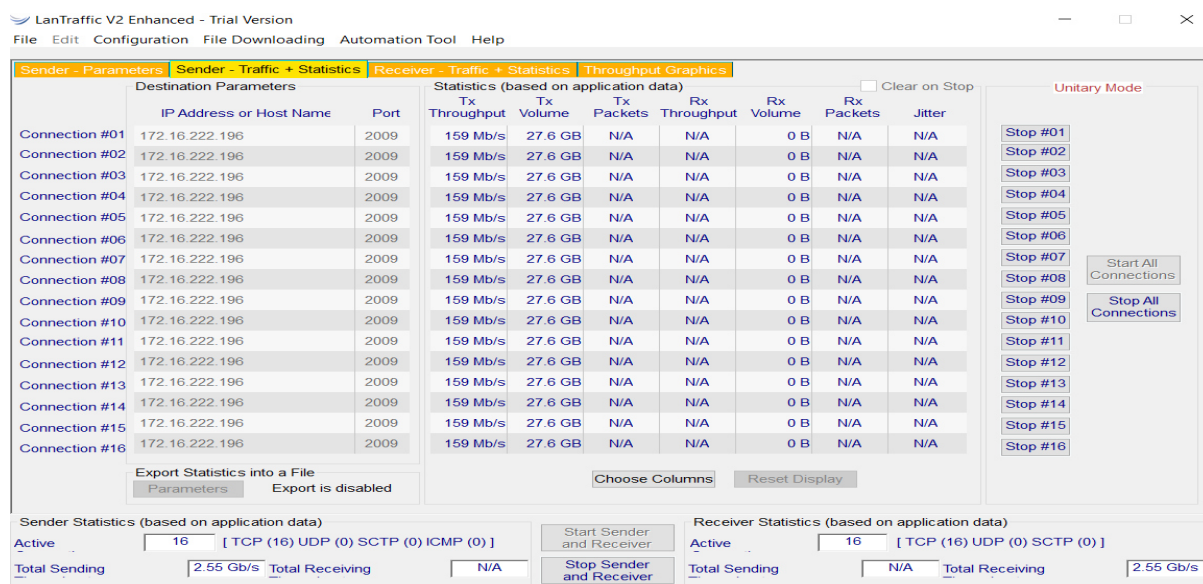


Figura 146. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 147 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID FCBIOLOGICAS02 ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia.

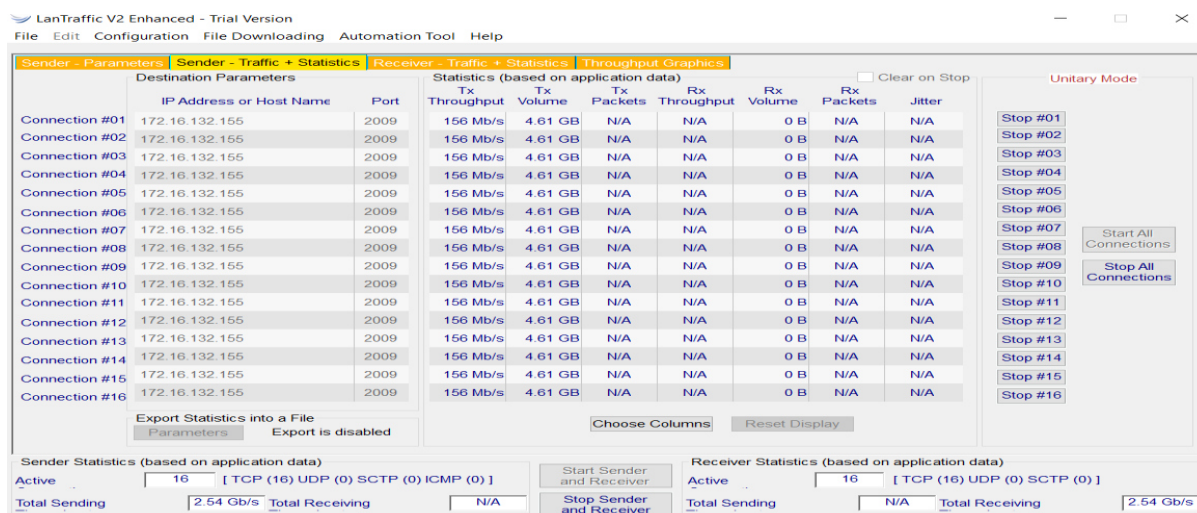


Figura 147. Tráfico generado en la red FCBIOLOGICAS02 ubicado en el Sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 148 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID FCBIOLOGICAS01 ubicado en el interior de la sala de cómputo.

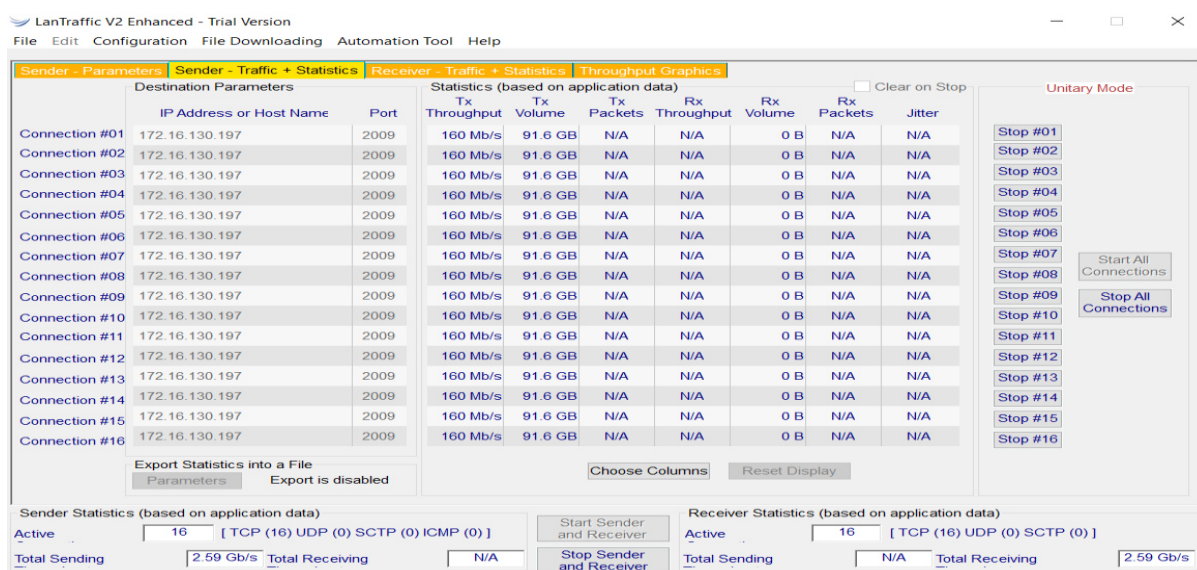


Figura 148. Tráfico generado en la red FCBIOLOGICAS01 ubicado en el interior de la sala de cómputo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 149 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado.

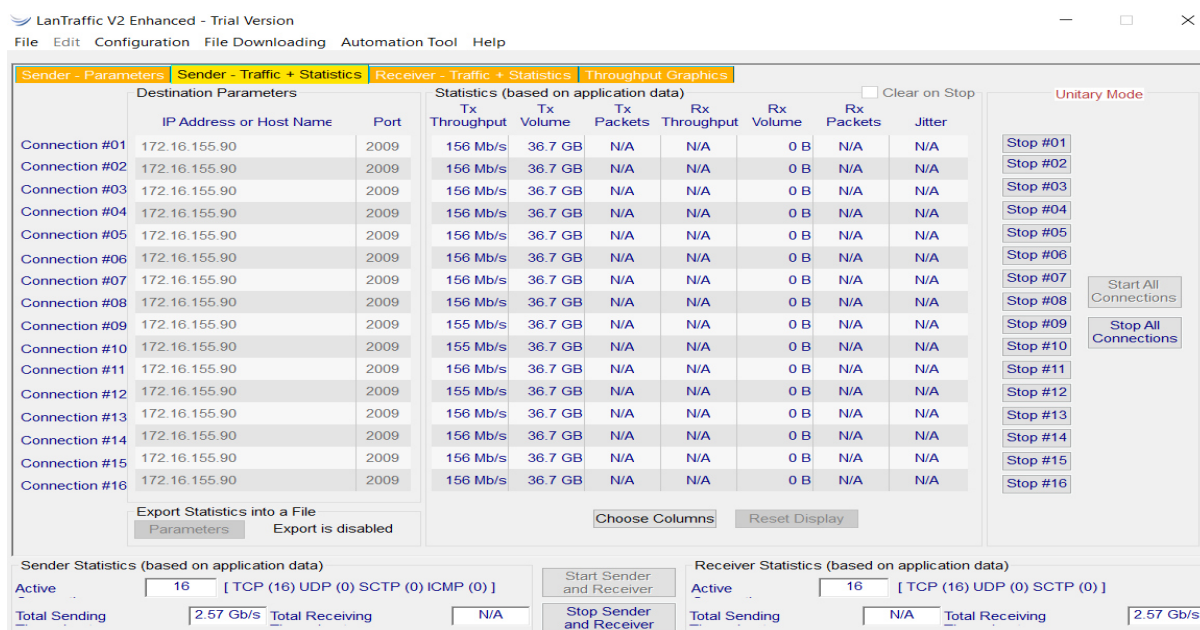


Figura 149. Tráfico generado en la red UPGBIOLOGIA ubicado en el interior de la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Ingeniería Industrial, se evaluó tres ambientes interiores: sótano en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia, la sala de cómputo y la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado. Para ello, se dividió los ambientes en cuadrículas con un área de 16m^2 , como se observa en la Figura 150, Figura 151 y en la Figura 152.

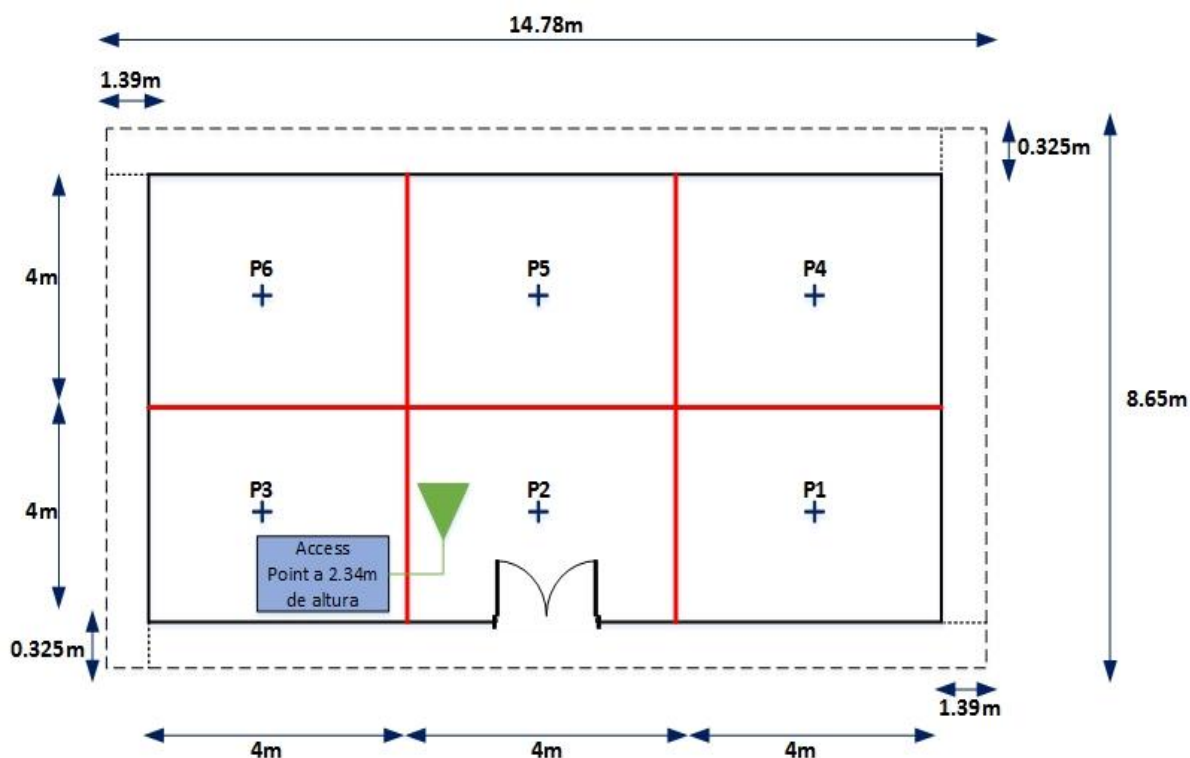


Figura 150. Esquema de los puntos de medición en el interior de la biblioteca del Pabellón de docencia.
Fuente: Elaboración propia.

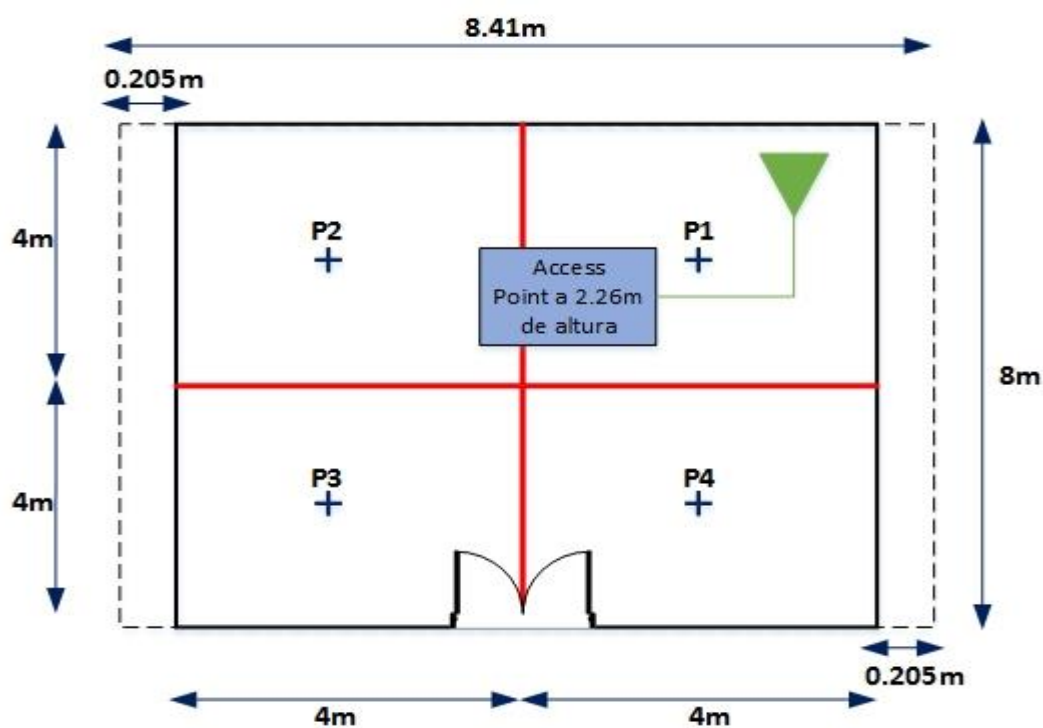


Figura 151. Esquema de los puntos de medición en la sala de cómputo.
Fuente: Elaboración propia.

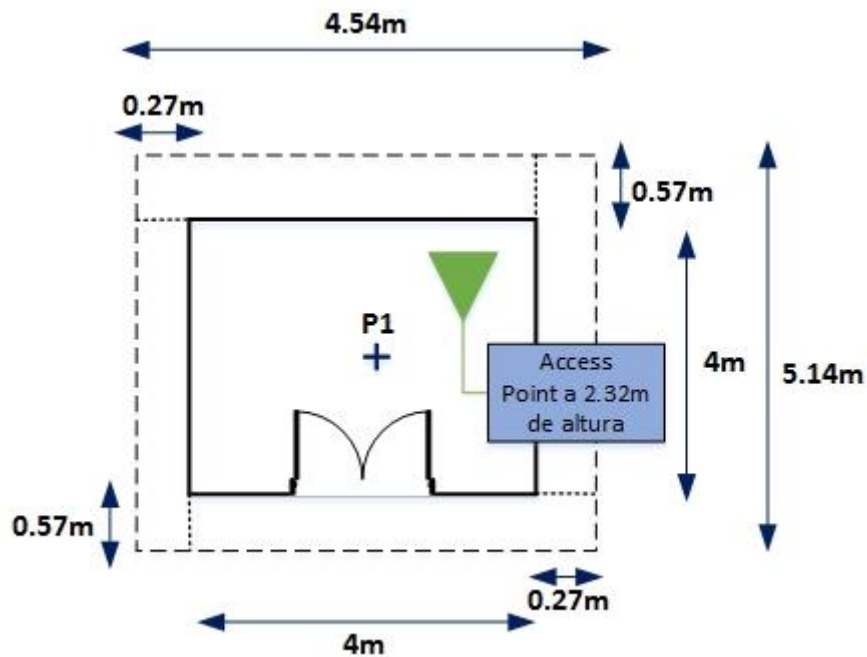


Figura 152. Esquema de los puntos de medición en la sala de sesiones de la Unidad de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Ingeniería Biología, se evaluó dos ambientes exteriores: el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de docencia y el primer piso afuera de la recepción del Pabellón de investigación. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 153.

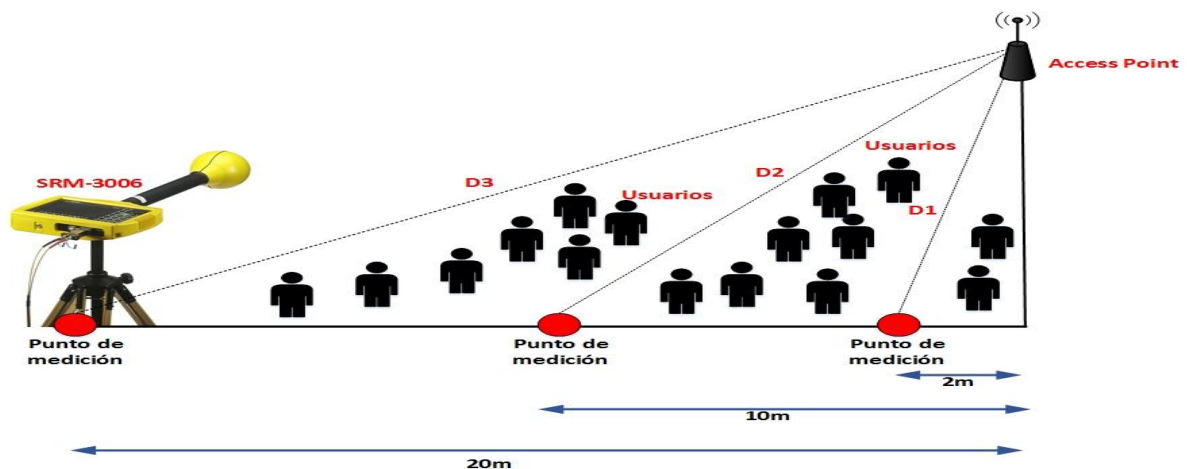


Figura 153. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad Biología.

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Psicología

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 154 se muestra los datos del access point con SSID WIFI-PSICO de marca y modelo D-LINK DWL-3500AP ubicado en la oficina de unidad de matrícula, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

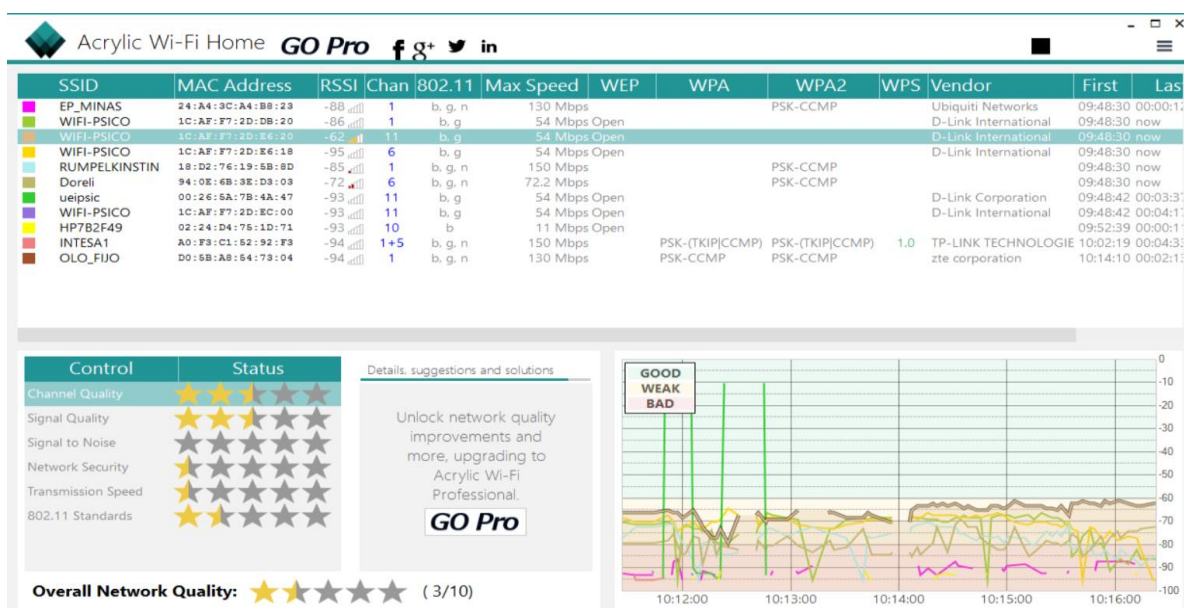


Figura 154. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 155 se muestra los datos del access point con SSID WIFI-PSICO de marca y modelo D-LINK DWL-3500AP ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

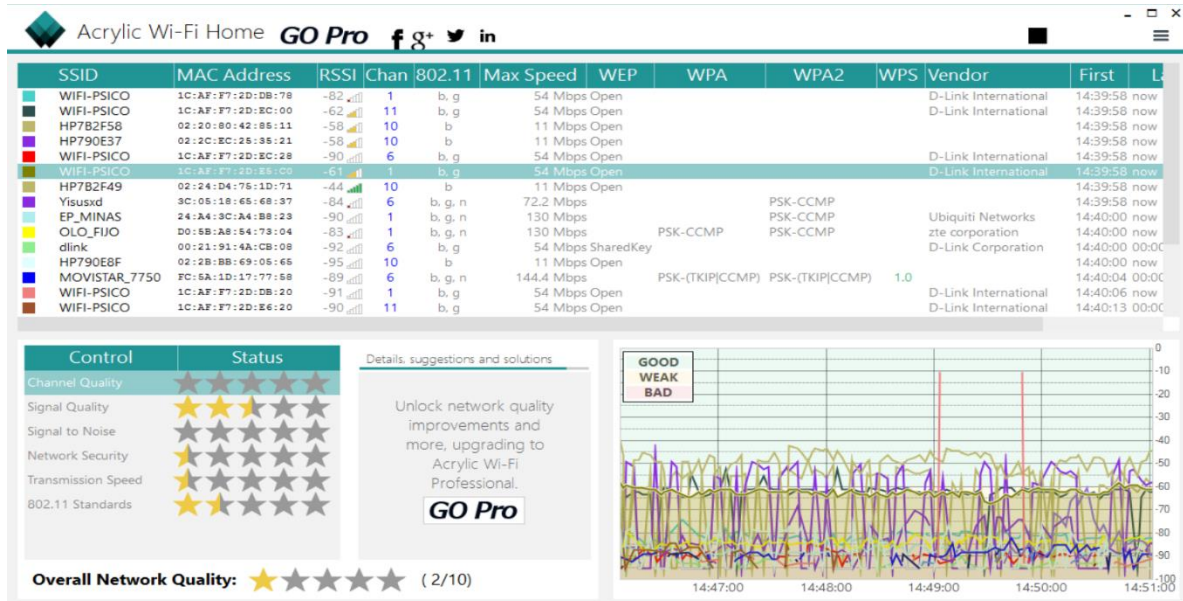


Figura 155. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 156 se muestra los datos del access point con SSID WIFI-PSICO de marca y modelo D-LINK DWL-3500AP ubicado en el interior del aula 1A, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

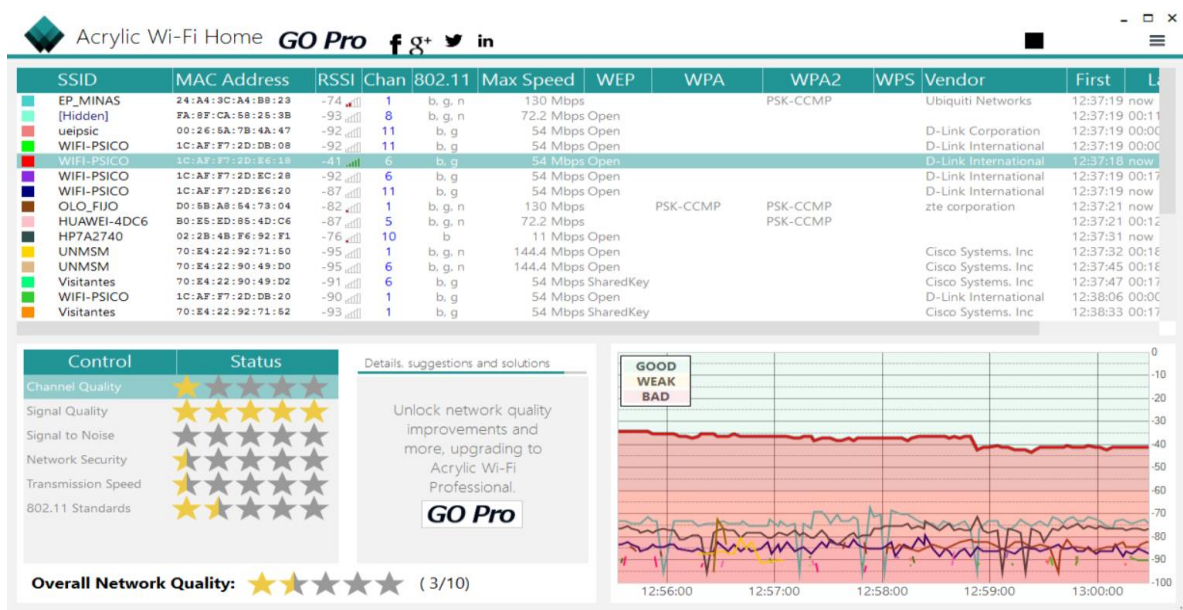


Figura 156. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 157 se muestra los datos del access point con SSID WIFI-PSICO de marca y modelo D-LINK DWL-3500AP ubicado en el interior del aula 2C, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

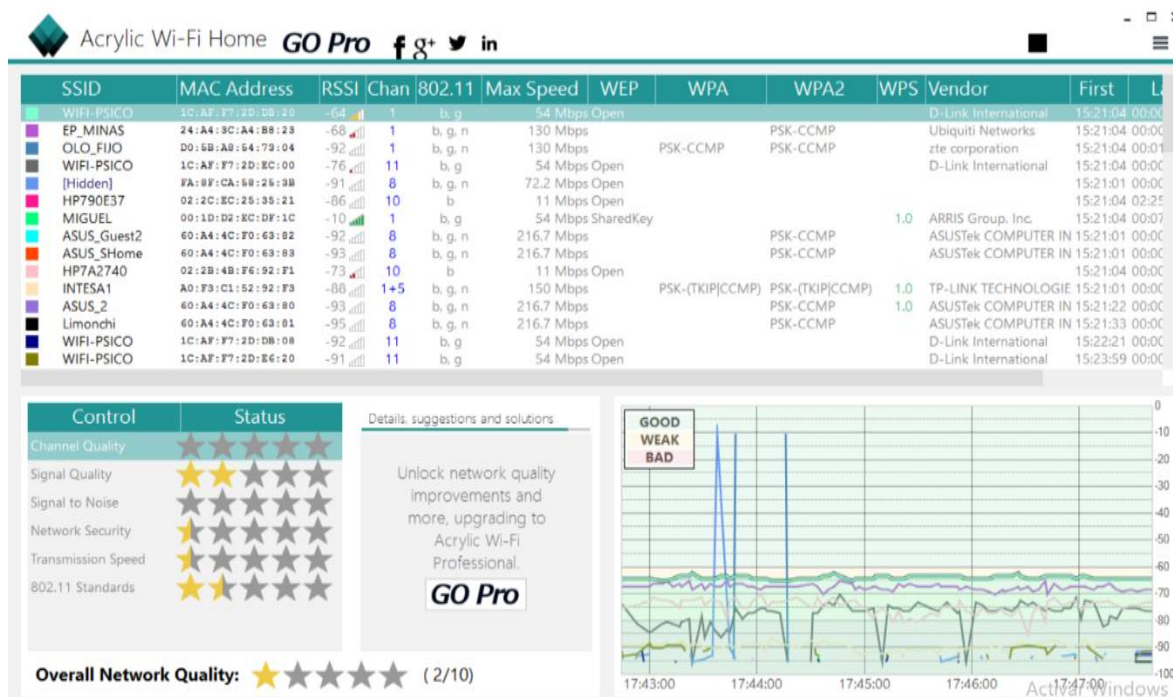


Figura 157. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 158 se muestra los datos del access point con SSID WIFI-PSICO de marca y modelo D-LINK DWL-3500AP ubicado en el pasadizo del primer piso, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

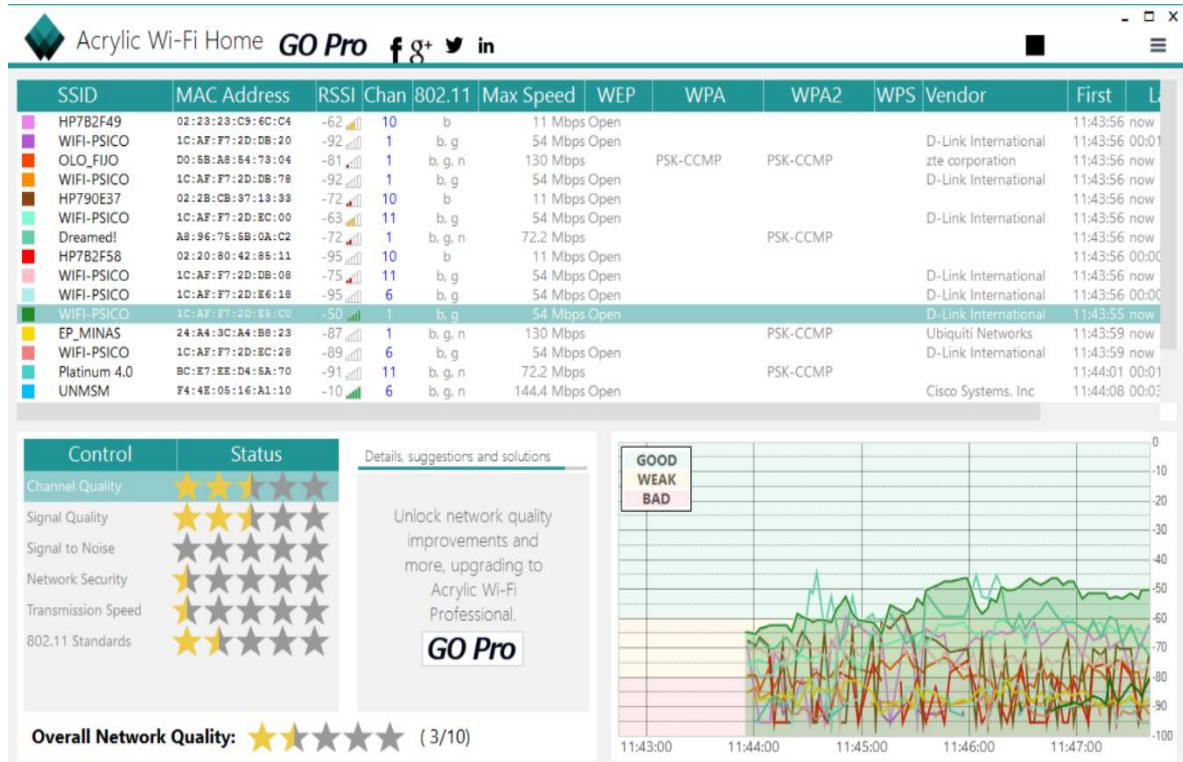


Figura 158. Características generales para el access point WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 159 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

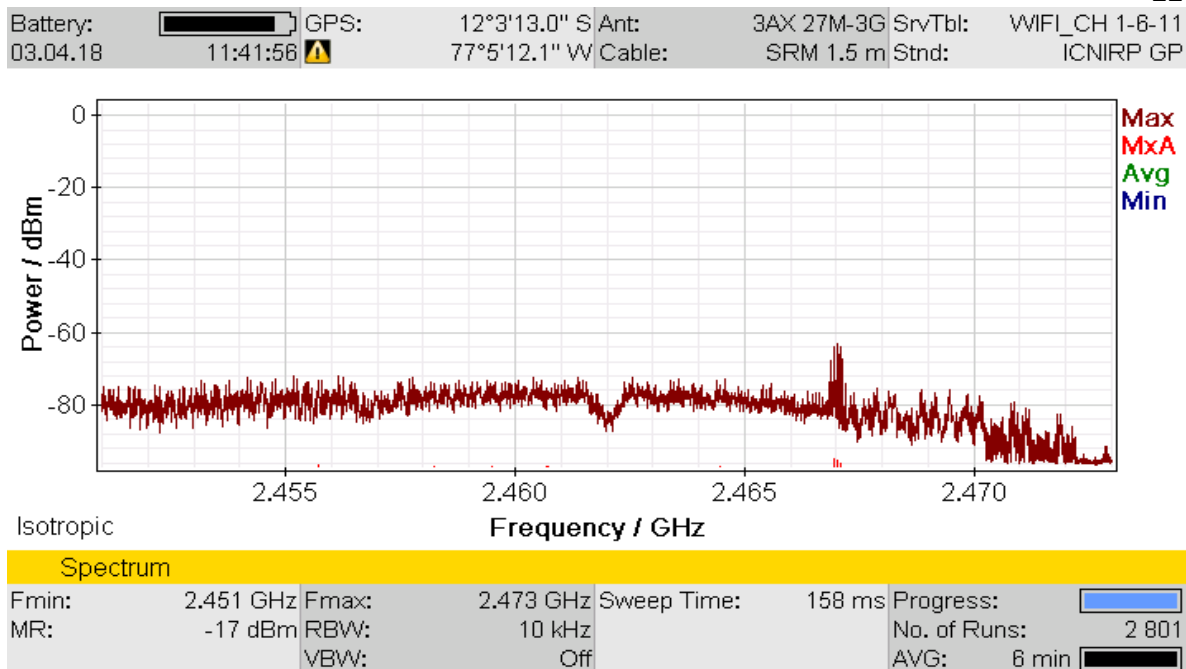


Figura 159. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 160 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

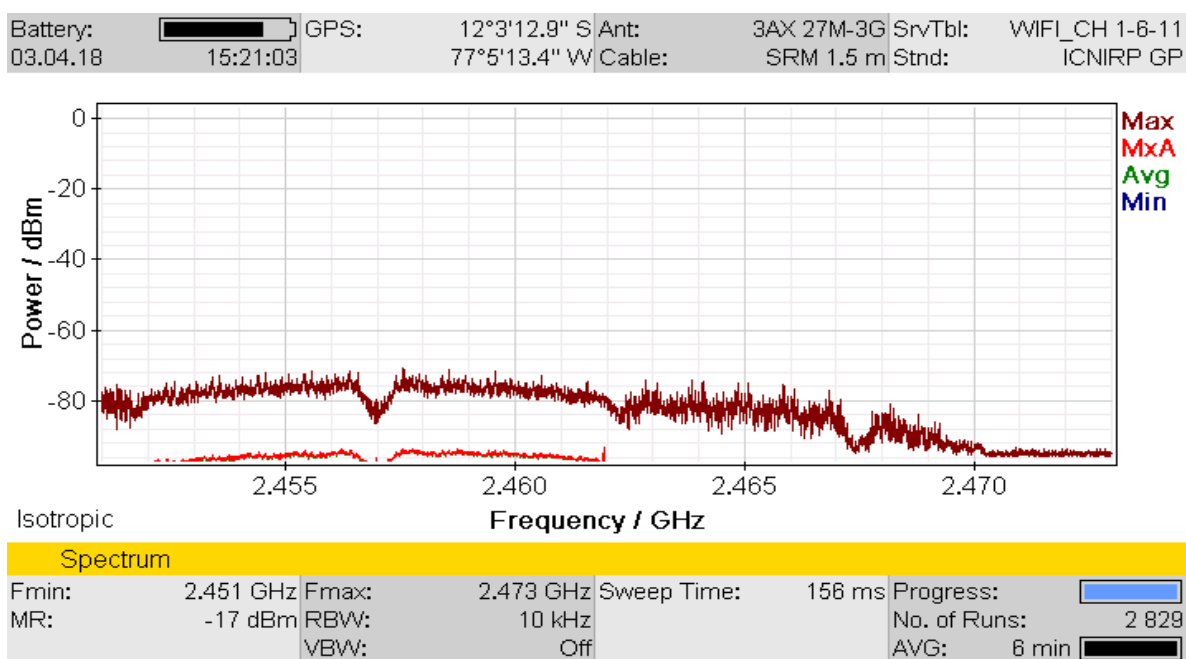


Figura 160. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 161 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

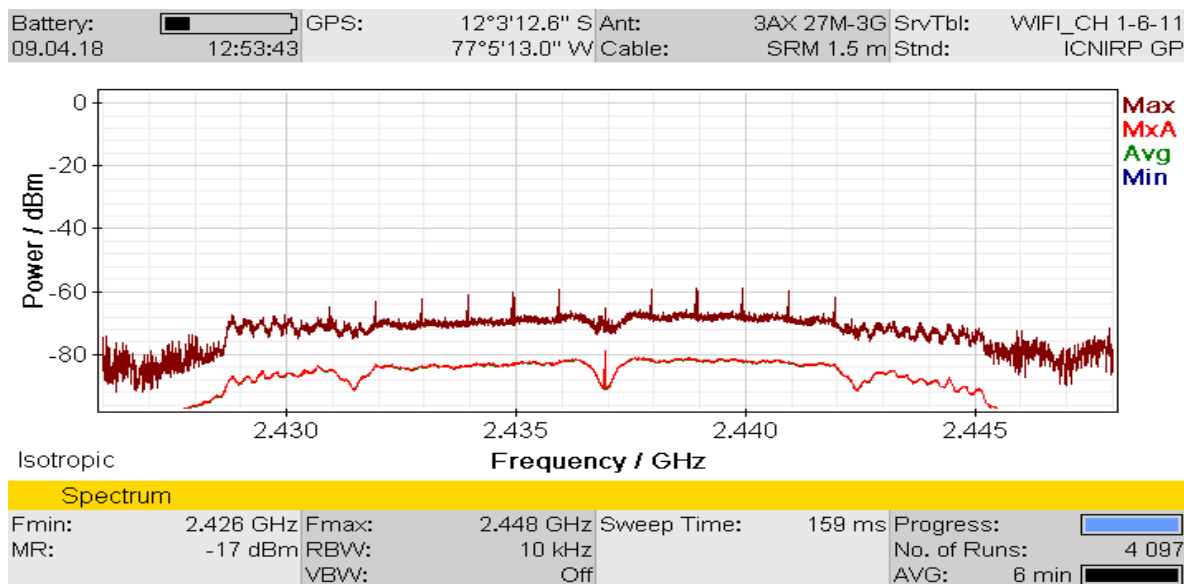


Figura 161. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 162 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

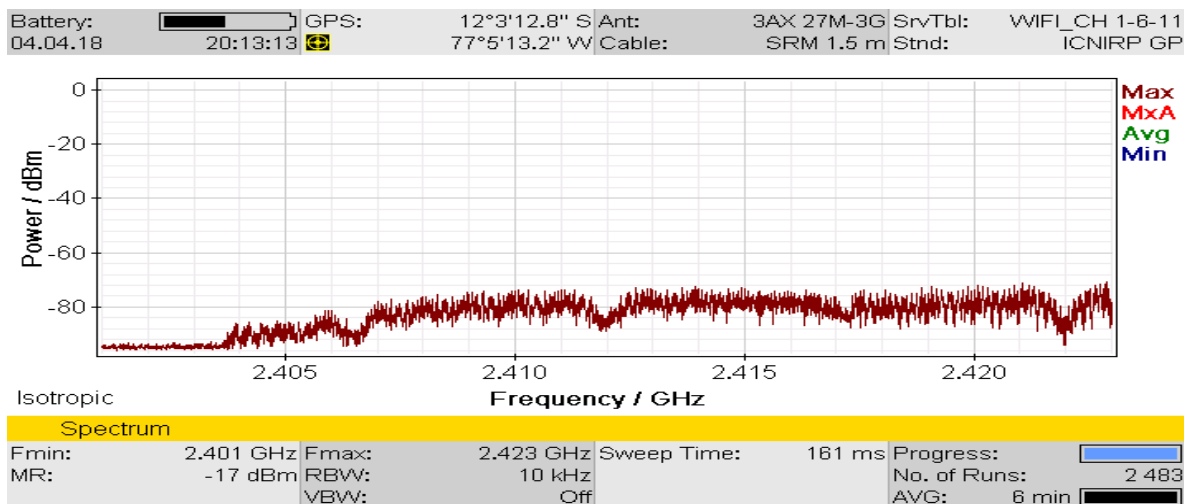


Figura 162. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 163 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

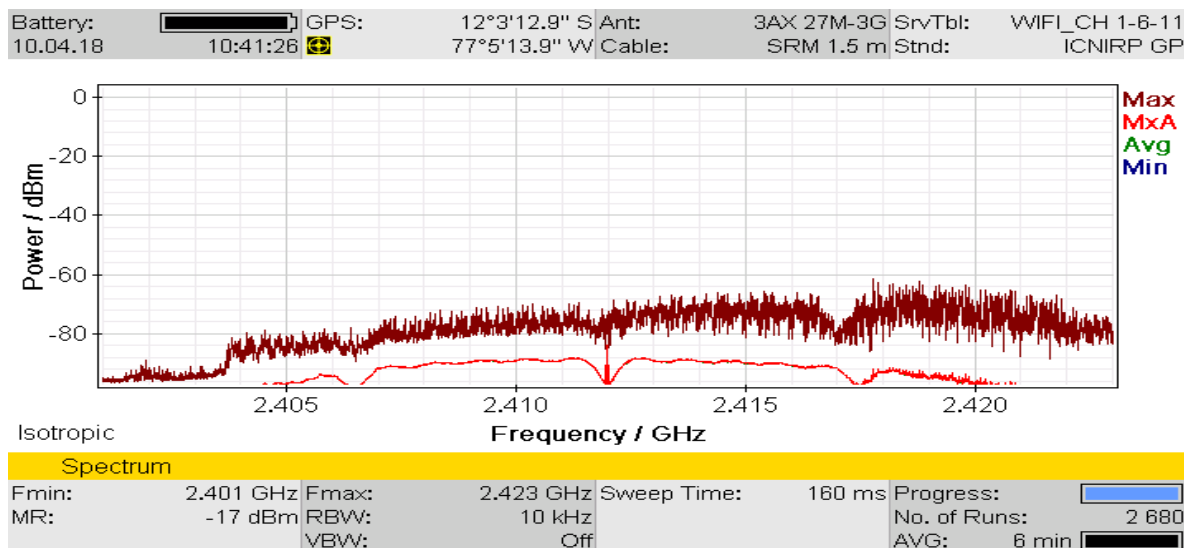


Figura 163. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso.
Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 164 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula.

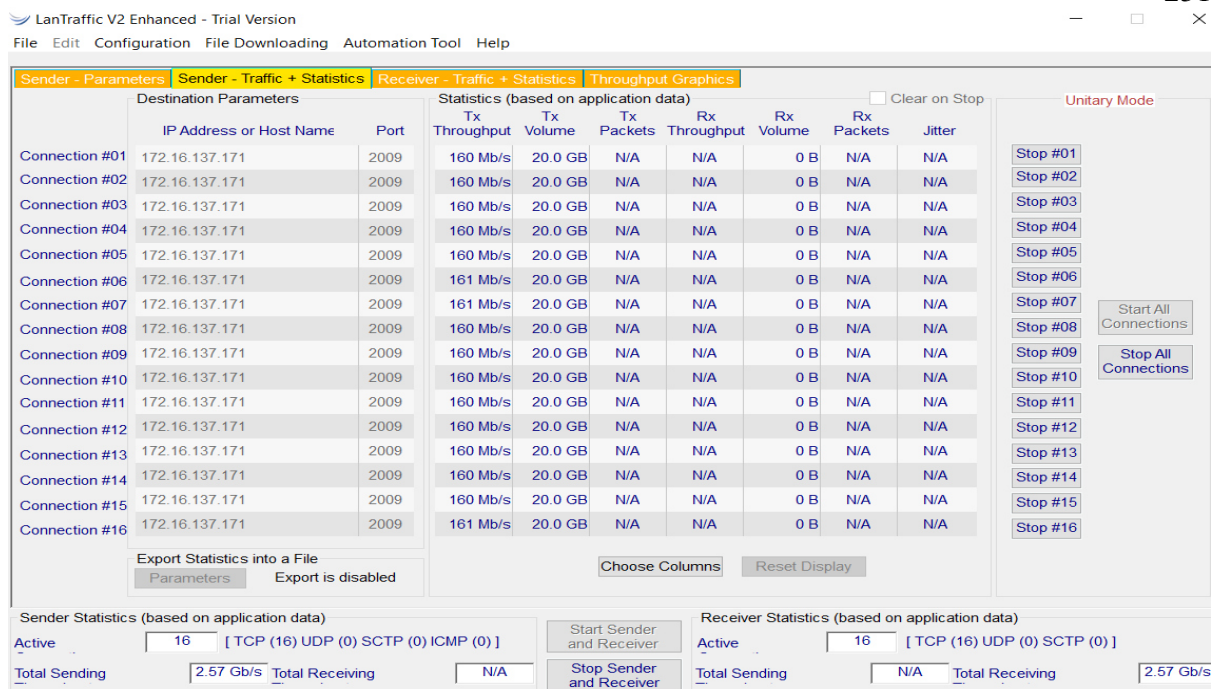


Figura 164. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en la oficina de unidad de matrícula.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 165 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento.

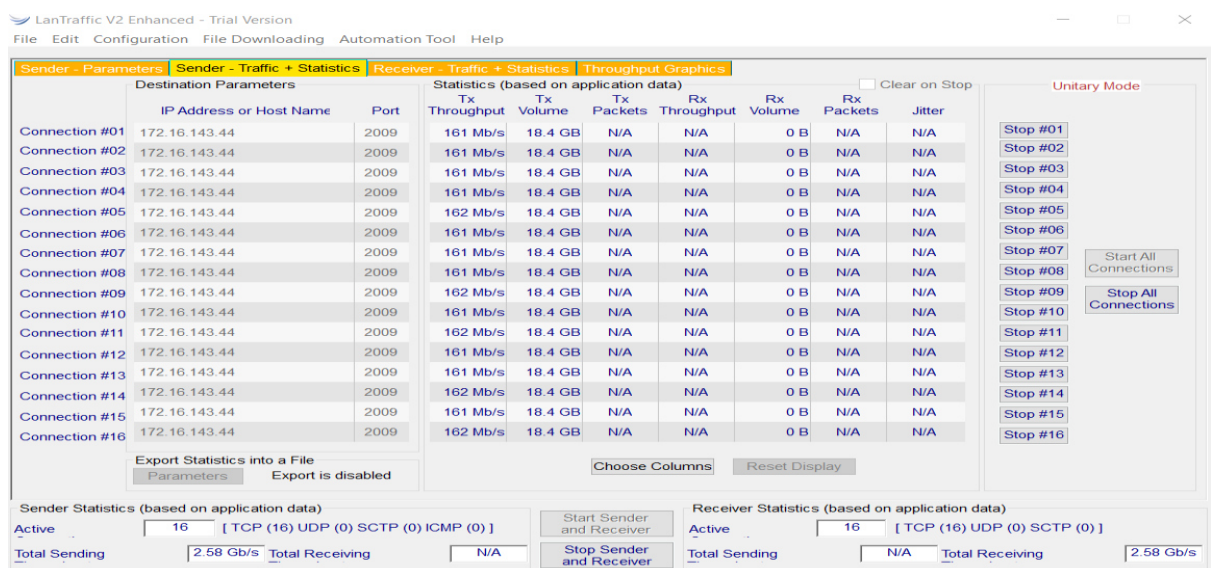


Figura 165. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en la oficina de Unidad de Servicios generales y mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 166 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A.

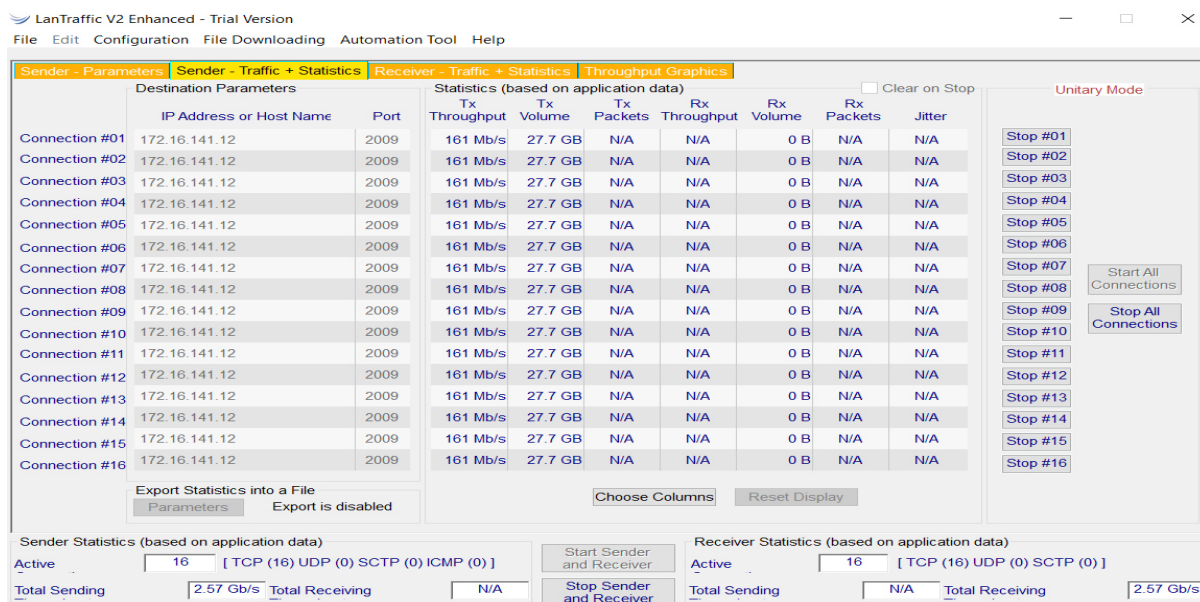


Figura 166. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 1A.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 167 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C.

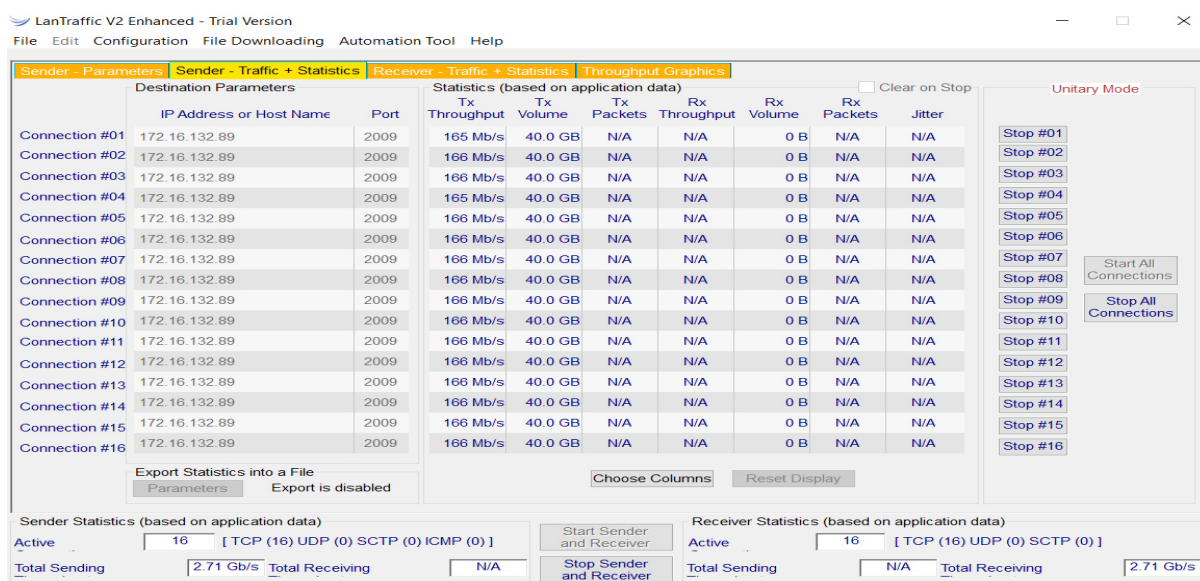


Figura 167. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en el interior del aula 2C.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 168 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso.

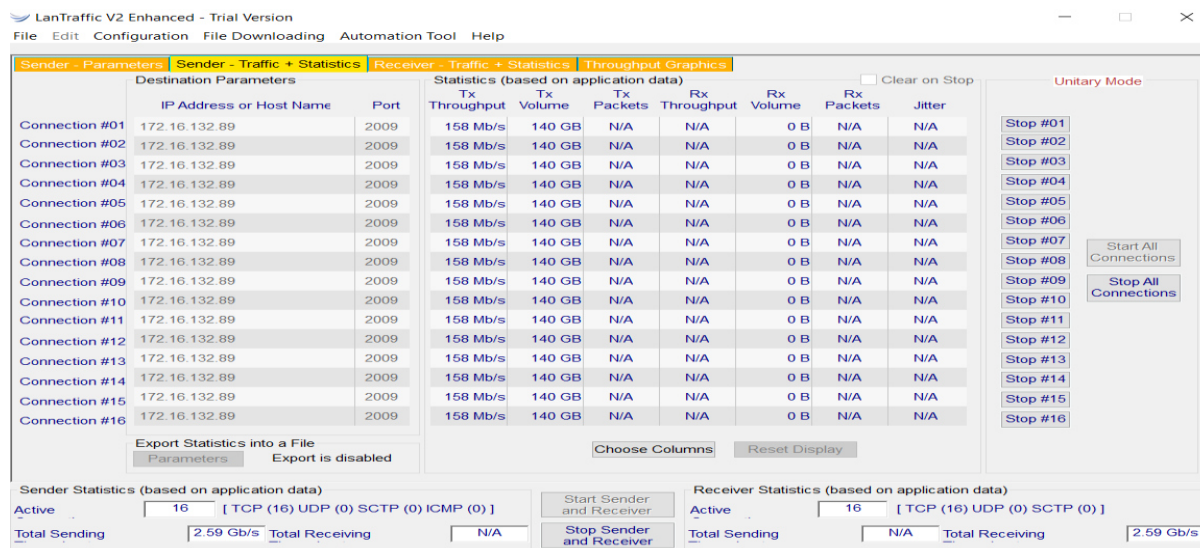


Figura 168. Tráfico generado en la red WIFI-PSICO ubicado en el pasadizo del primer piso.
Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Psicología, se evaluó cuatro ambientes interiores: oficina de unidad de matrícula, oficina de Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento, aula 1A y el aula 2C. Para ello, se dividió los ambientes en cuadrículas con un área de 16m², como se observa en la Figura 169, Figura 170, Figura 171 y en la Figura 172.

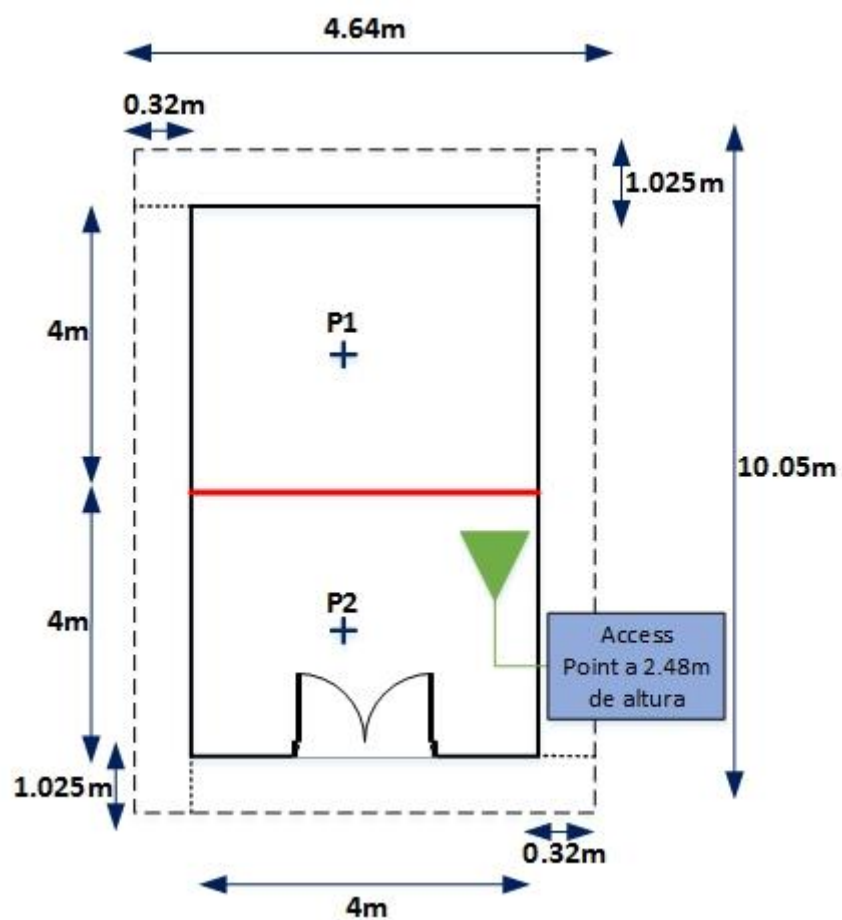


Figura 169. Esquema de los puntos de medición en la oficina de unidad de matrícula.
Fuente: Elaboración propia.

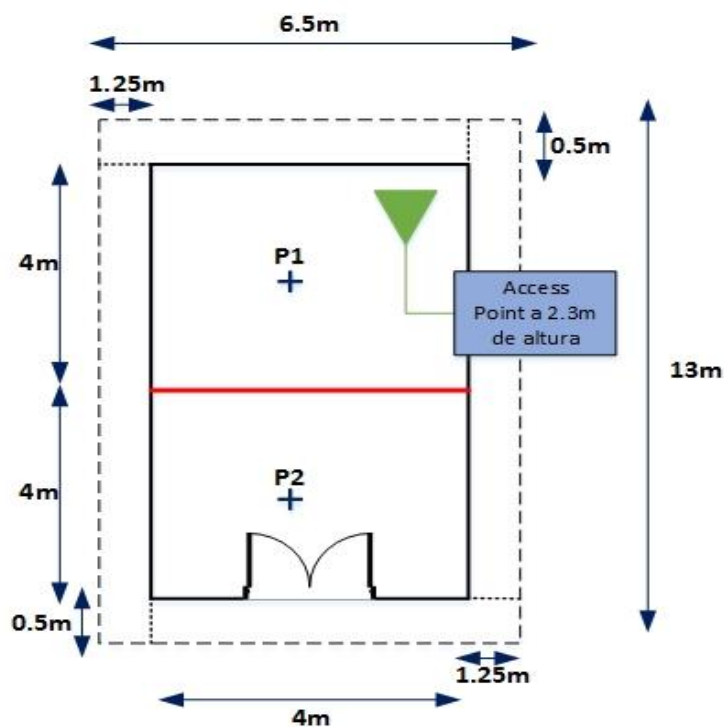


Figura 170. Esquema de los puntos de medición en la oficina de Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

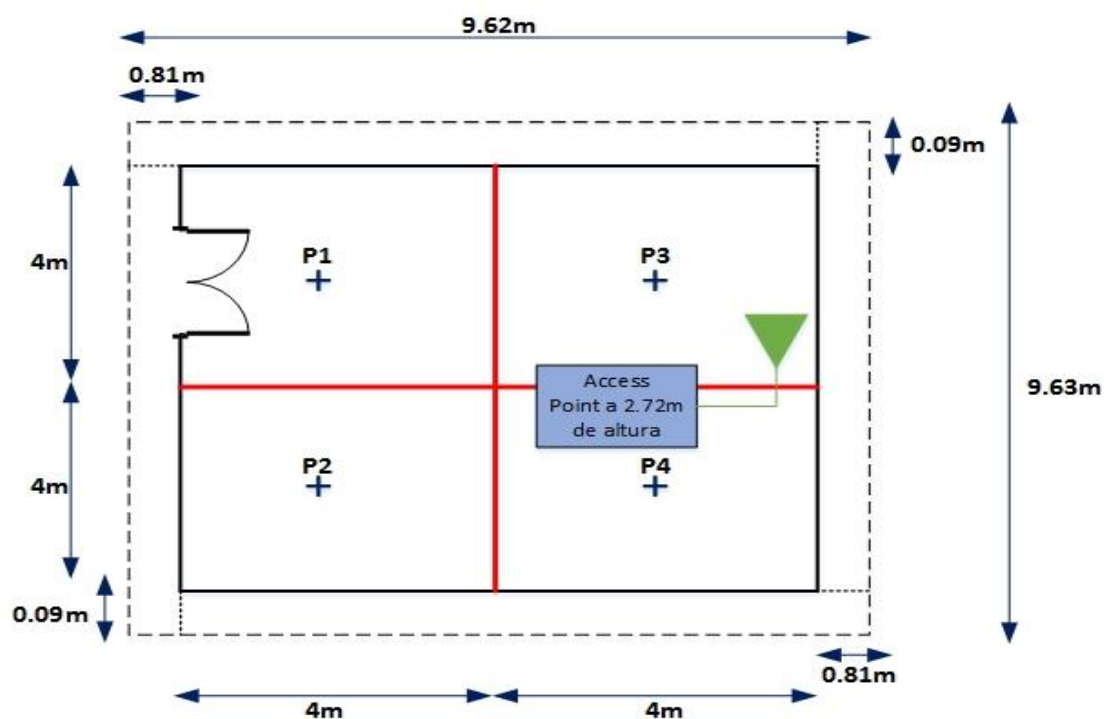


Figura 171. Esquema de los puntos de medición en el aula 1A.
Fuente: Elaboración propia.

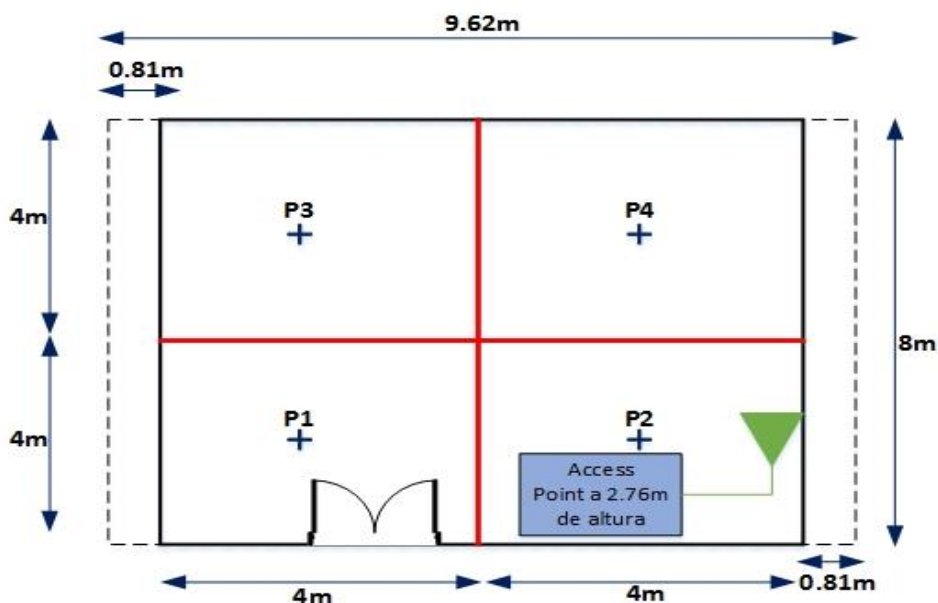


Figura 172. Esquema de los puntos de medición en el aula 2C.
Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Psicología, solo se evaluó un ambiente exterior, el pasadizo del primer piso. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 173.

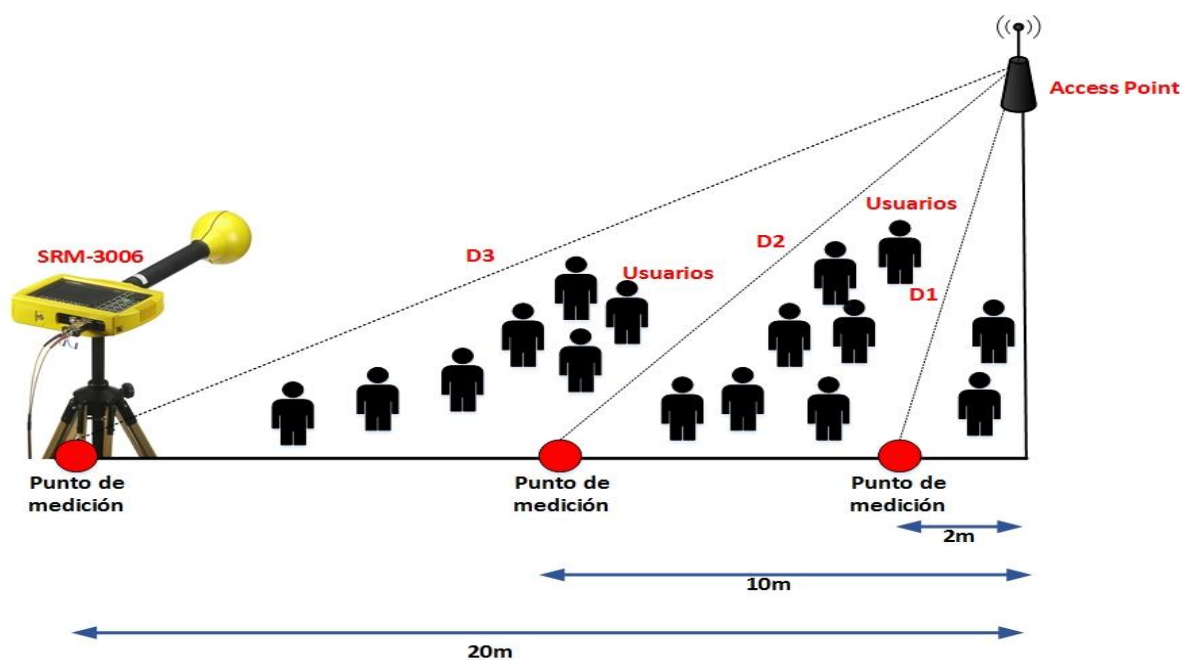


Figura 173. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Psicología.
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access

point en la Facultad de Letras y Ciencias Humanas

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 174 se muestra los datos del access point con SSID Fac-letras de marca y modelo D-LINK DAP-2360 ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de servicios generales y mantenimiento, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

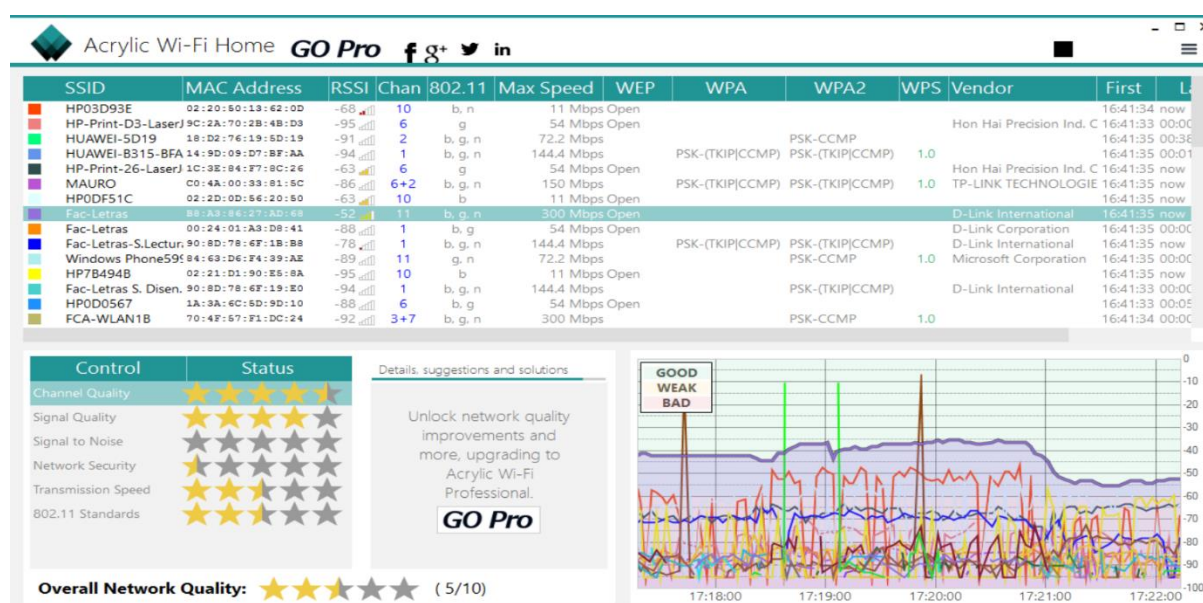


Figura 174. Características generales para el access point Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de servicios generales y mantenimiento usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 175 se muestra los datos del access point con SSID Fac-letras de marca y modelo D-LINK DWL-3200AP ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

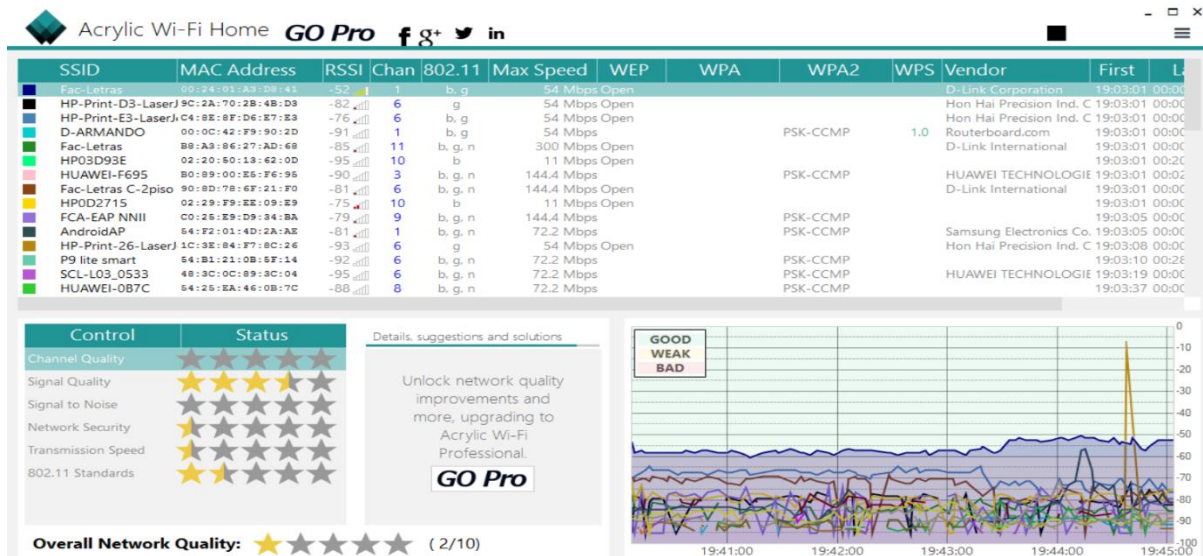


Figura 175. Características generales para el access point Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 176 se muestra los datos del access point con SSID Fac-letras de marca y modelo D-LINK DAP-2360 ubicado afuera del aula Repertorio, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

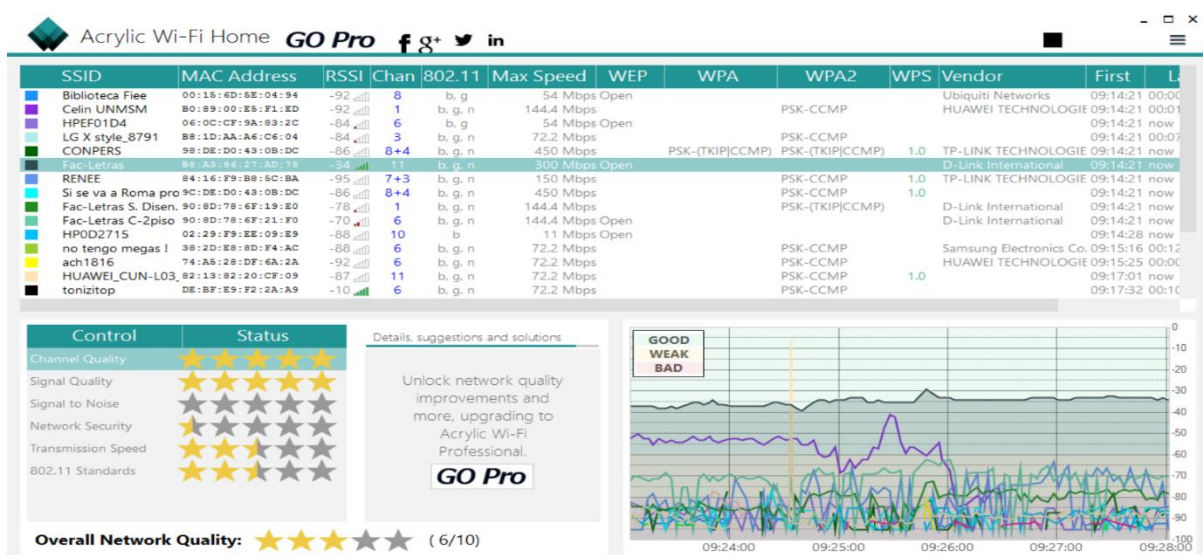


Figura 176. Características generales para el access point Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 177 se muestra los datos del access point con SSID Fac-letras de marca y modelo D-LINK DAP-2360 ubicado afuera del aula 15B, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

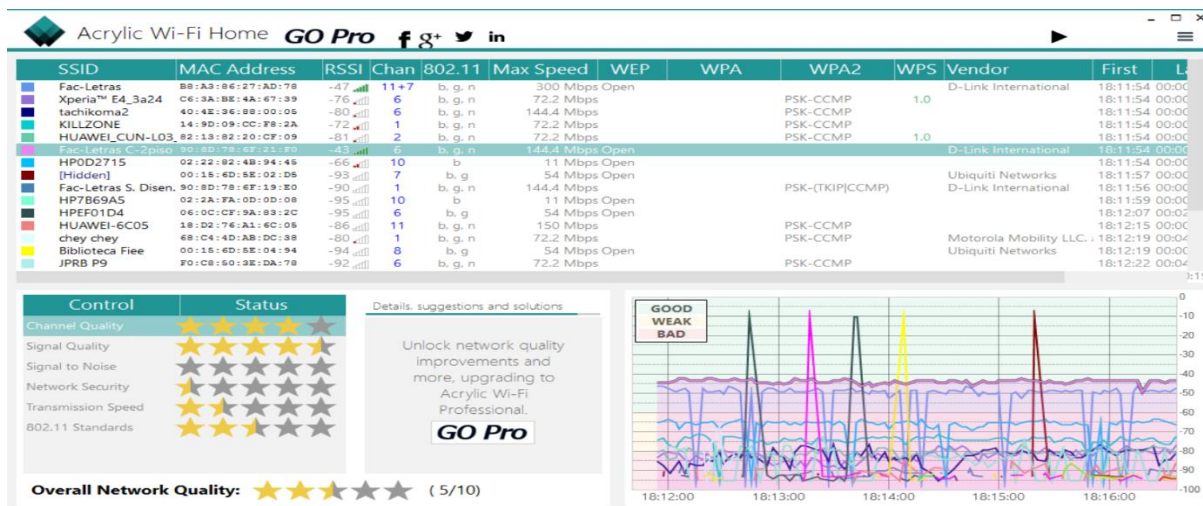


Figura 177. Características generales para el access point Fac-letras ubicado afuera del aula 15B usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 178 se muestra los datos del access point con SSID Fac-letras de marca y modelo D-LINK DAP-2360 ubicado al interior de la sala de diseño, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

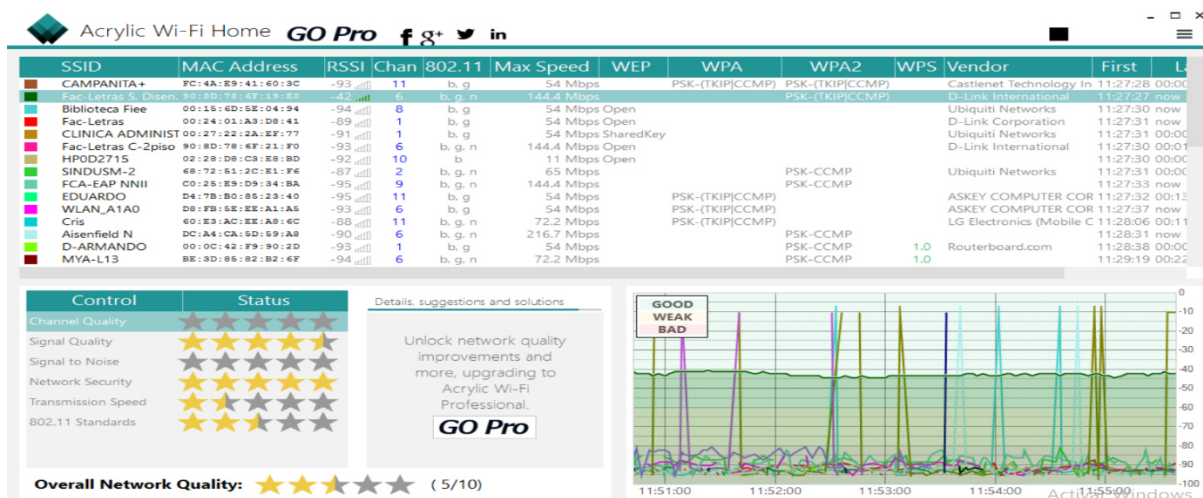


Figura 178. Características generales para el access point Fac-letras ubicado afuera del aula 15B usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 179 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

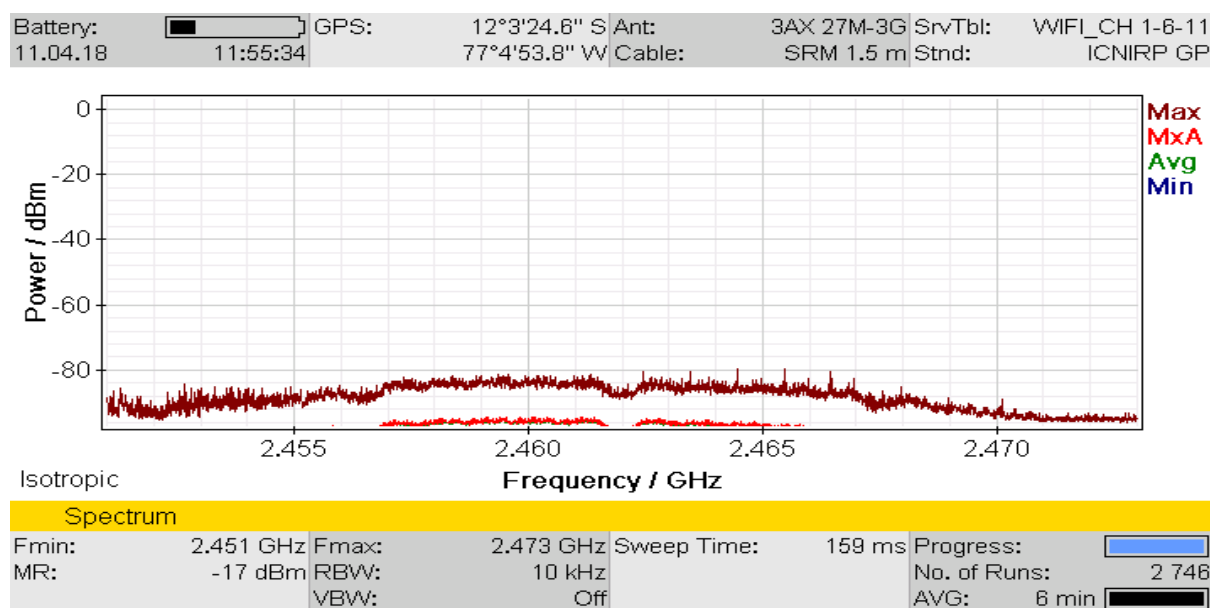


Figura 179. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 180 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

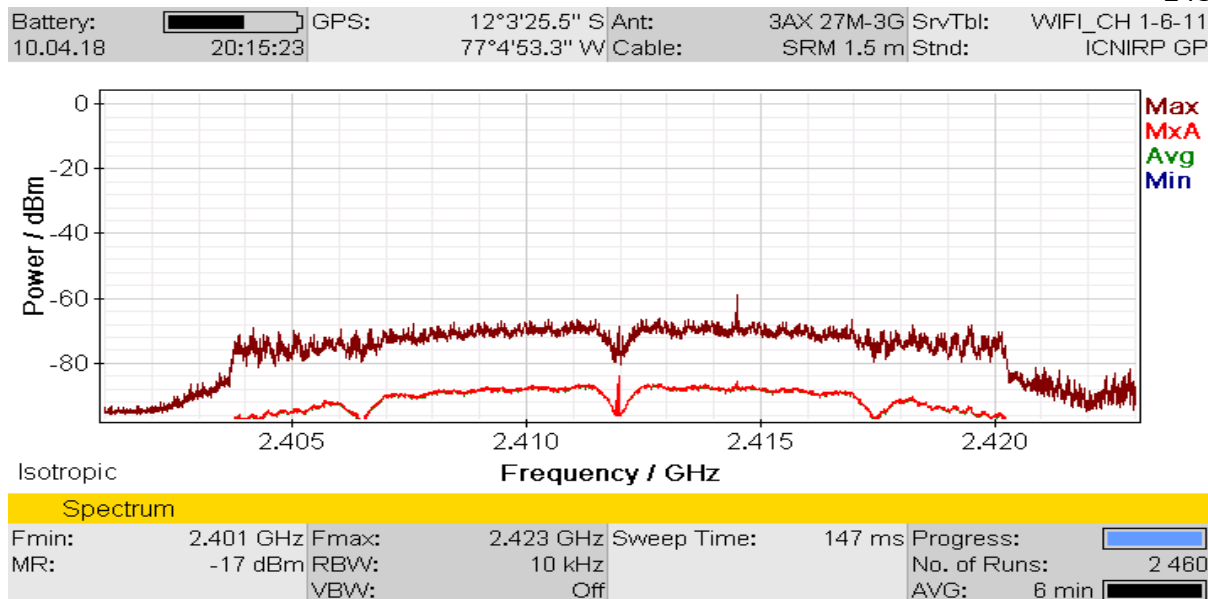


Figura 180. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 181 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

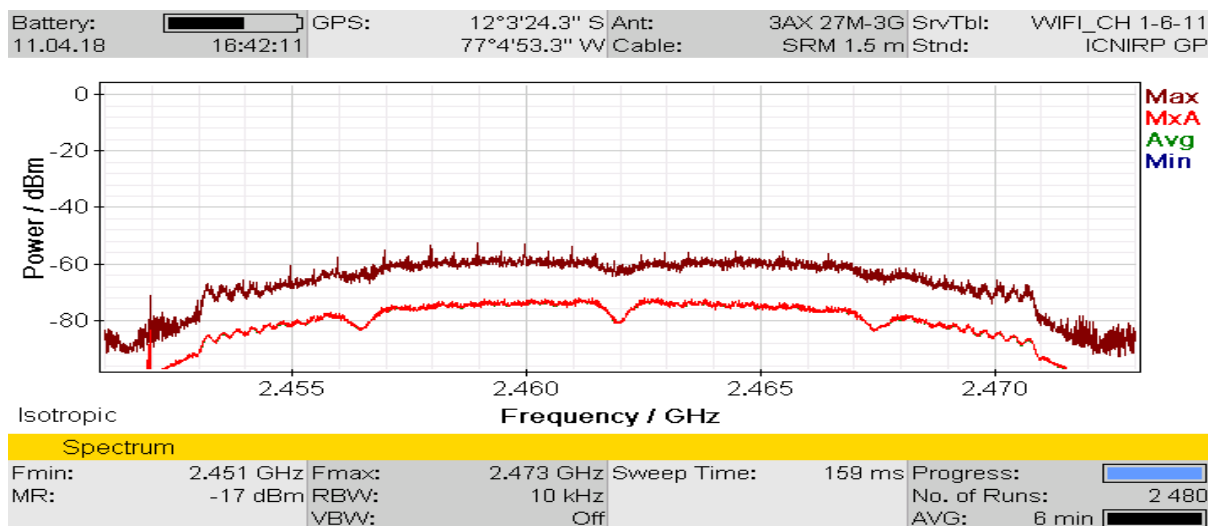


Figura 181. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio.
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 182 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID Fac-letras ubicado afuera del aula 15B, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

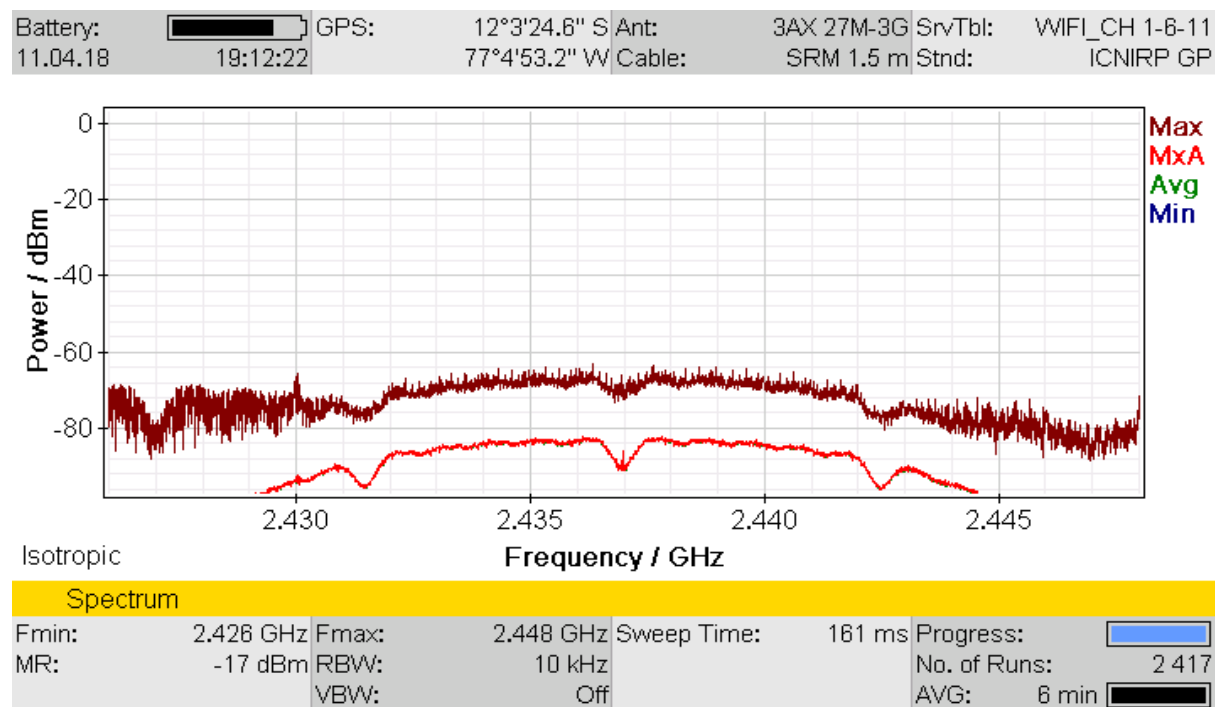


Figura 182. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point Fac-letras ubicado afuera del aula 15B.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 183 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID Fac-letras ubicado al interior de la sala de diseño, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

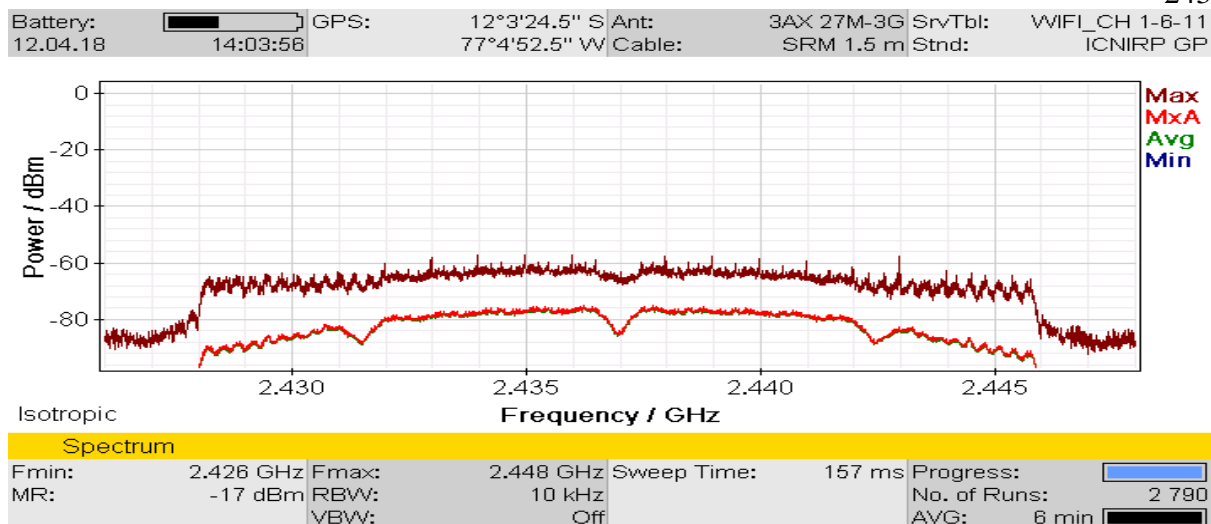


Figura 183. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point Fac-letras ubicado sala de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 184 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento.

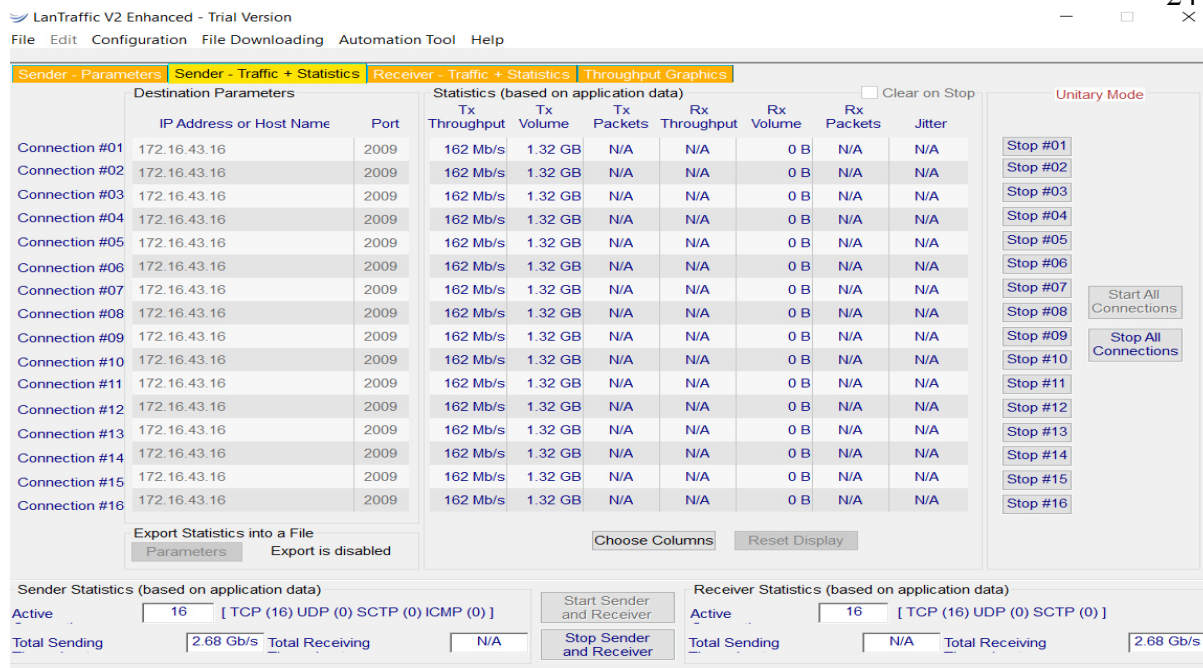


Figura 184. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado en el primer piso afuera de la Unidad de Servicios Generales y Mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 185 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA.

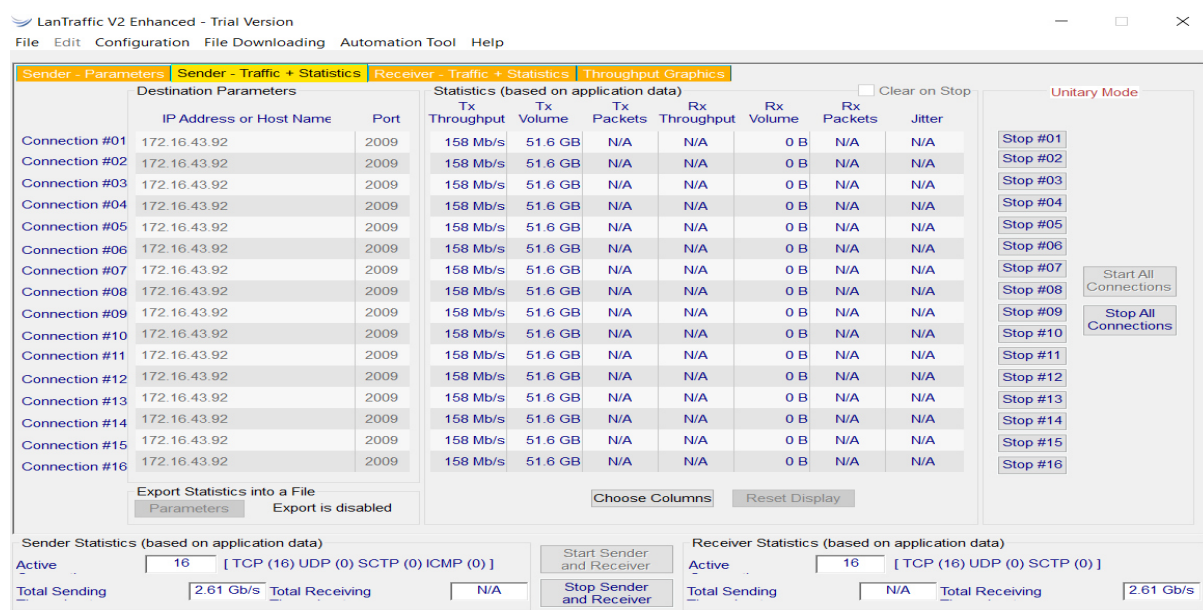


Figura 185. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado en el segundo piso afuera de la oficina ACACIA.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 186 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio.

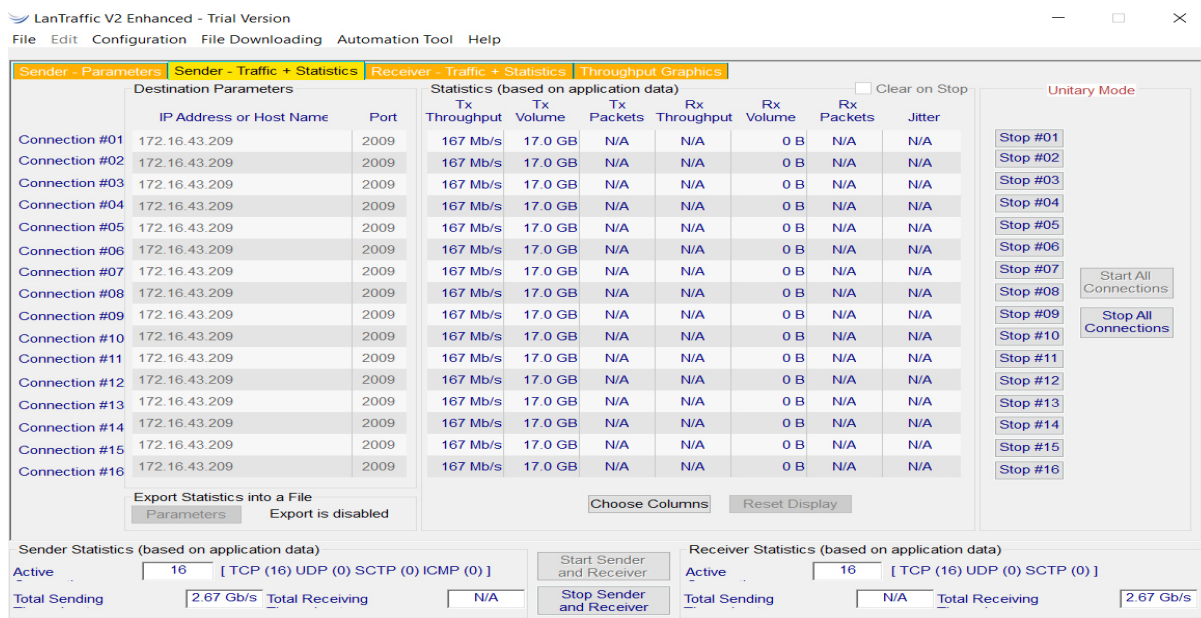


Figura 186. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado afuera del aula Repertorio.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 187 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Fac-letras ubicado afuera del aula 15B.

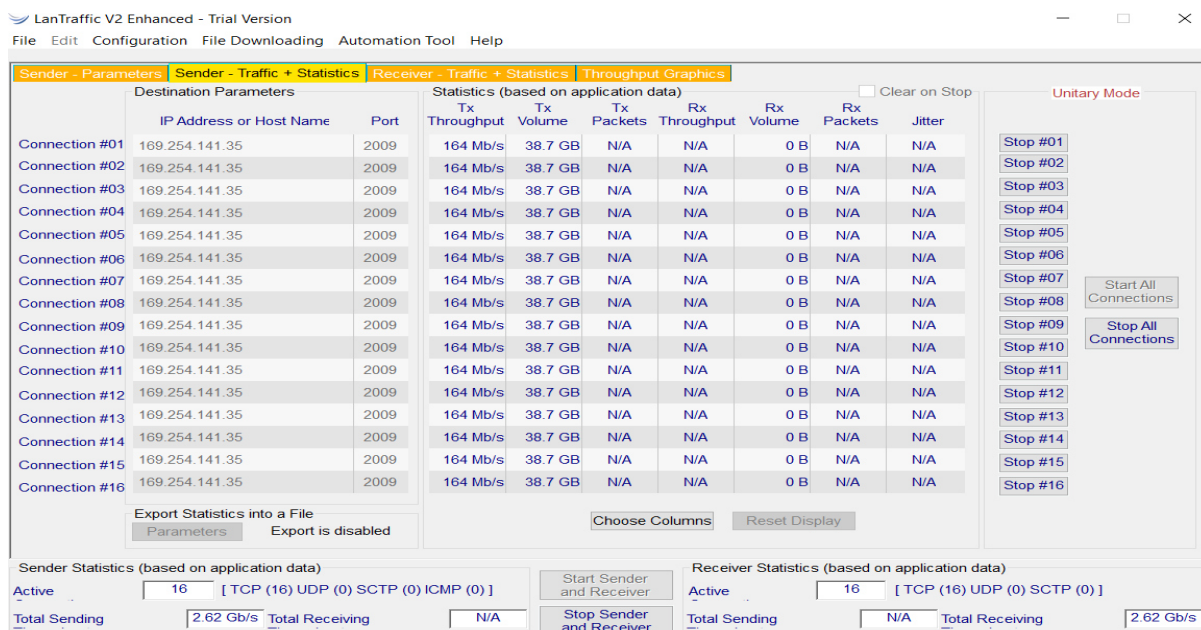


Figura 187. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado afuera del aula 15B.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 188 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID Fac-letras ubicado al interior de la sala de diseño.

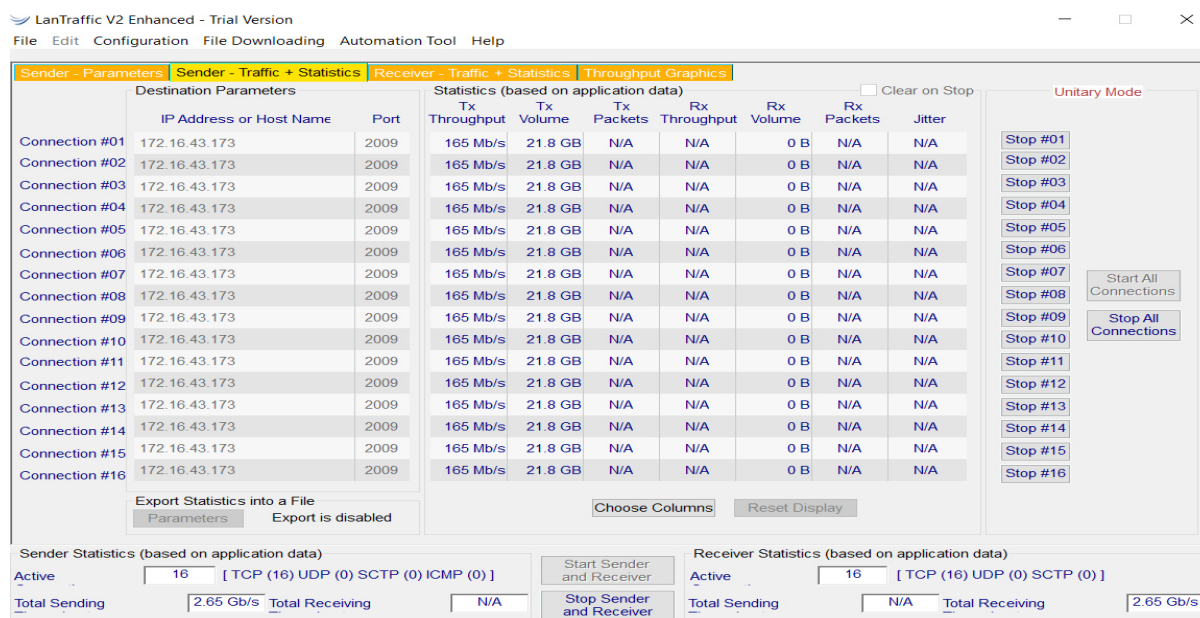


Figura 188. Tráfico generado en la red Fac-letras ubicado al interior de la sala de diseño.
Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Letras y Ciencias Humanas, solo se evaluó un ambiente interior: la sala de diseño. Para ello, se dividió el ambiente en cuadrículas con un área de 16m², como se observa en la Figura 189.

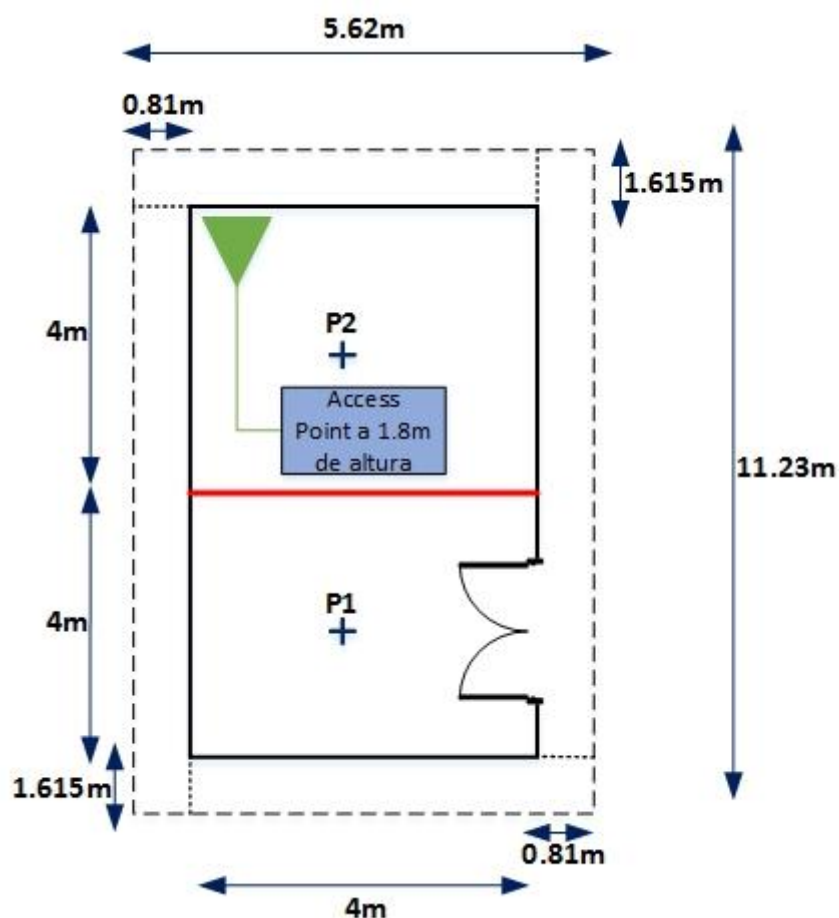


Figura 189. Esquema de los puntos de medición en la sala de diseño.
Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Letras y Ciencias Humanas, solo se evaluó un ambiente exterior: primer piso afuera de la Unidad de Servicios generales y mantenimiento, segundo piso afuera de la Oficina ACACIA, afuera del Aula Repertorio y afuera del aula 15B. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 190.

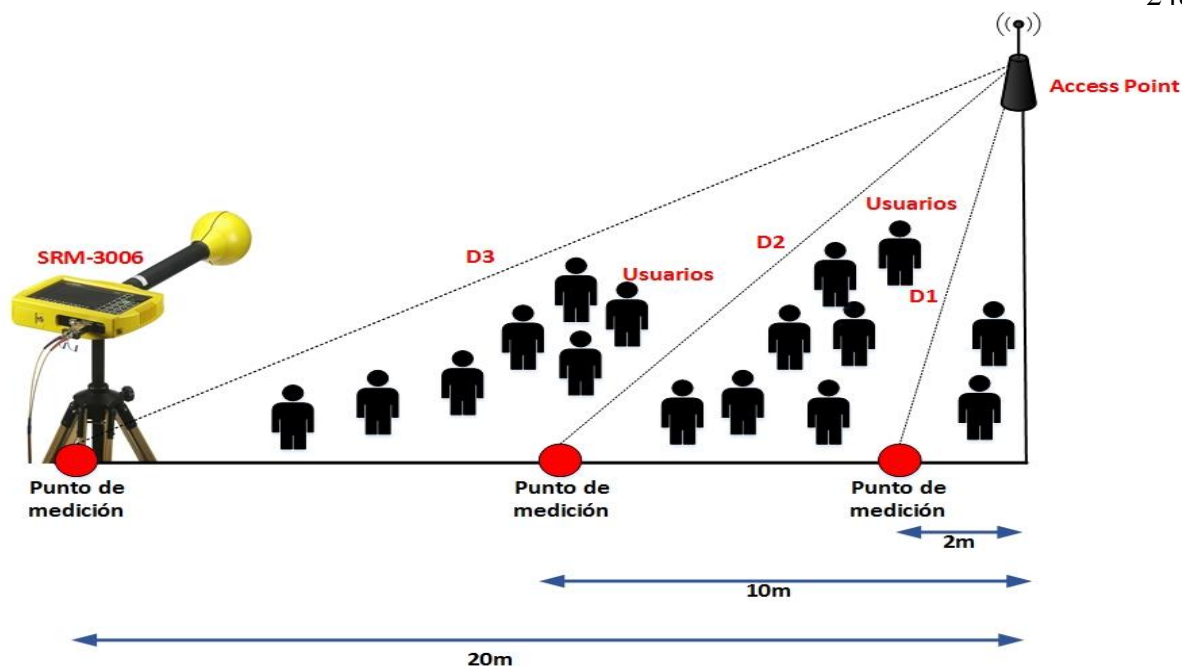


Figura 190. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad Letras y Ciencias Humanas.
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 191 se muestra los datos del access point con SSID UNMSM de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.



Figura 191. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 192 se muestra los datos del access point con SSID FISI-DOC de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

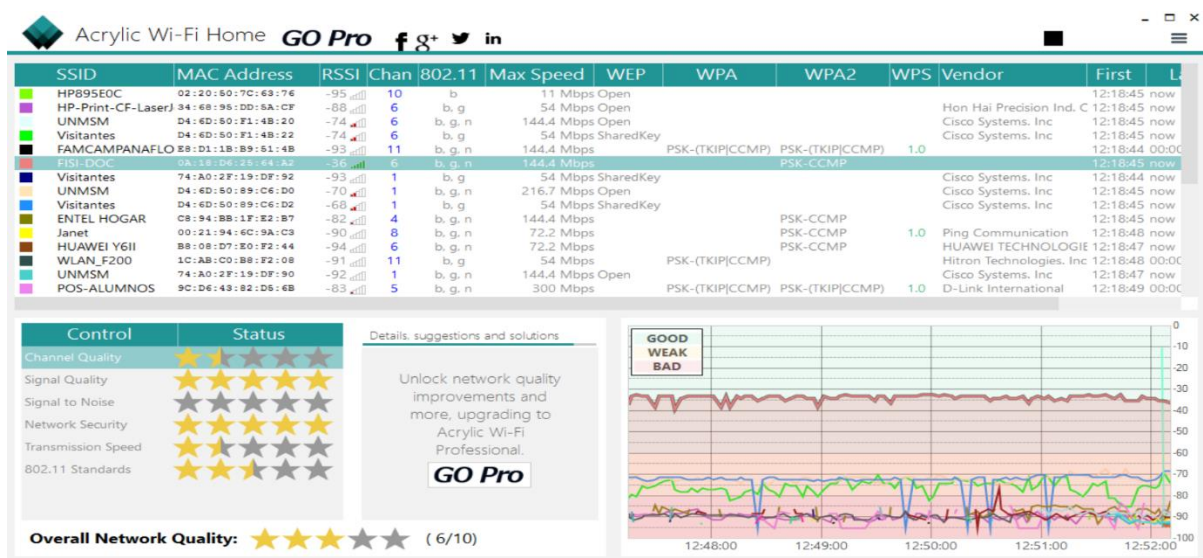


Figura 192. Características generales para el access point FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 193 se muestra los datos del access point con SSID UNMSM de marca y modelo Ubiquiti Cisco Aironet 1700i ubicado en el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

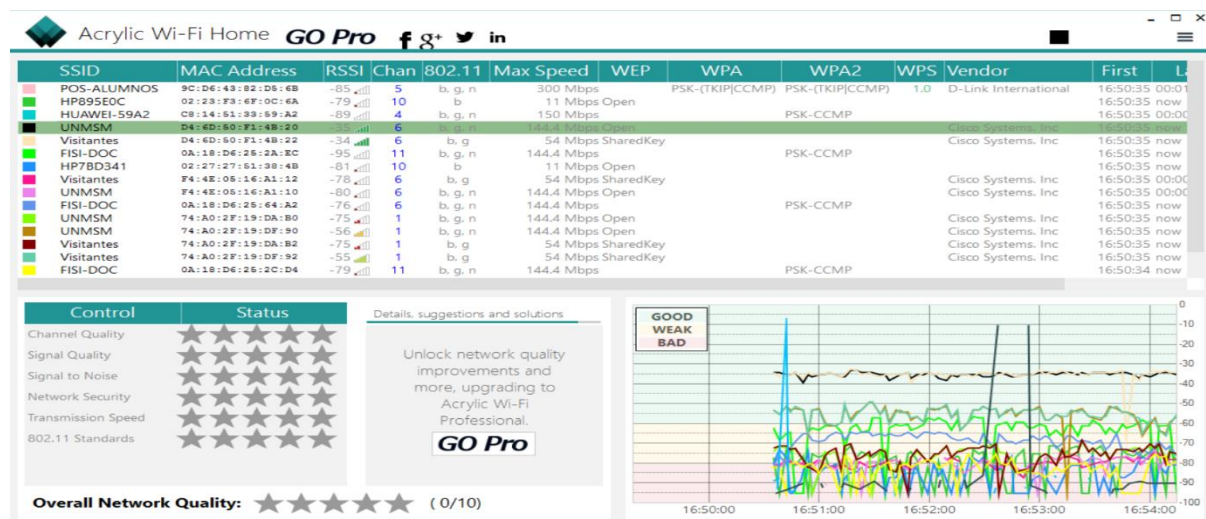


Figura 193. Características generales para el access point UNMSM ubicado 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 194 se muestra los datos del access point con SSID FISI-DOC de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.



Figura 194. Características generales para el access point FISIDOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 195 se muestra los datos del access point con SSID UNMSM de marca y modelo Ubiquiti Cisco Aironet 1700i ubicado en el 3 piso en el interior de la videoteca, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

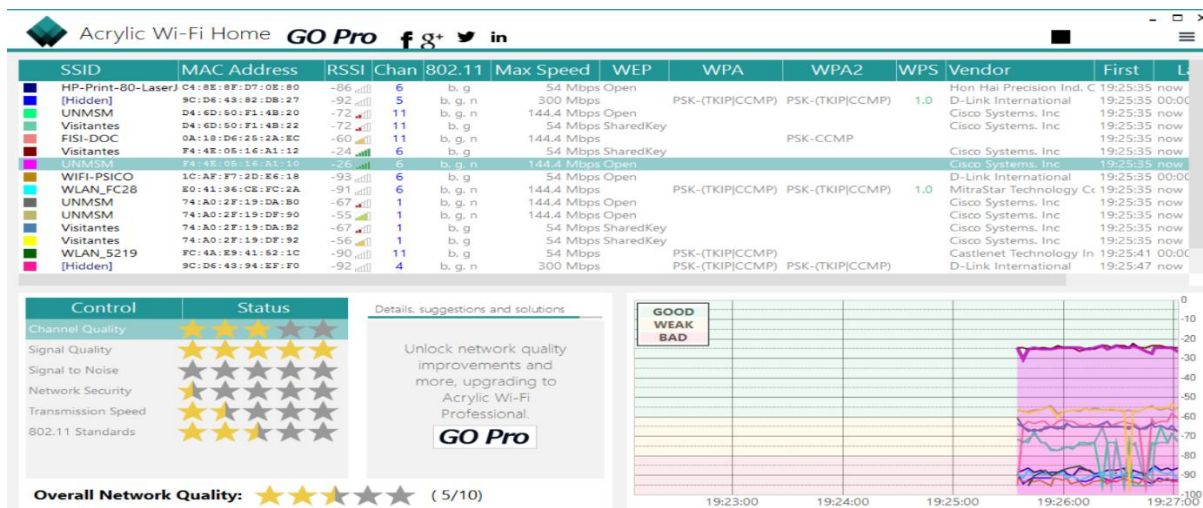


Figura 195. Características generales para el access point UNMSM ubicado en el 3 piso en el interior de la videoteca usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 196 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

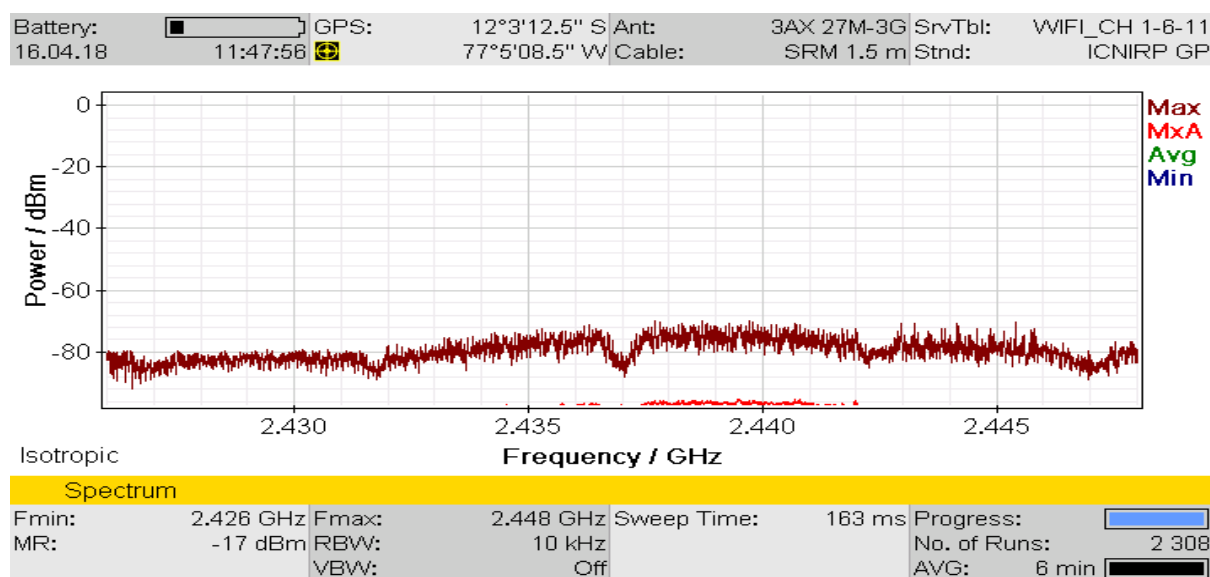


Figura 196. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 197 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

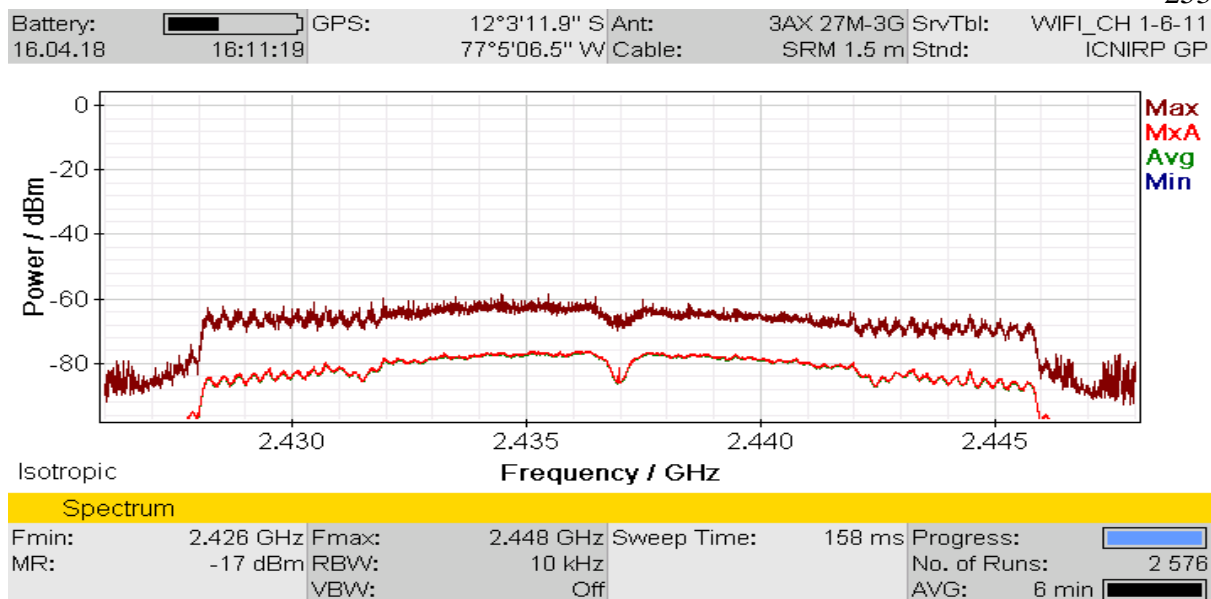


Figura 197. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 198 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID UNMSM ubicado en el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

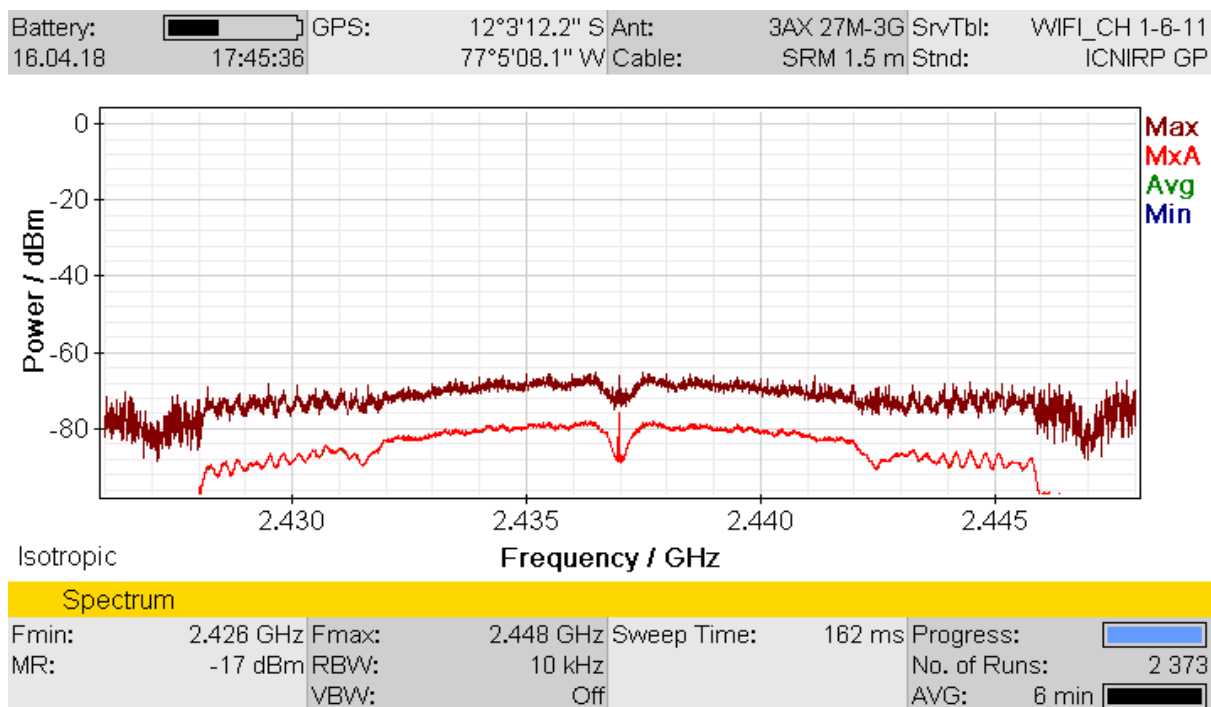


Figura 198. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point UNMSM ubicado en el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado.
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 199 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

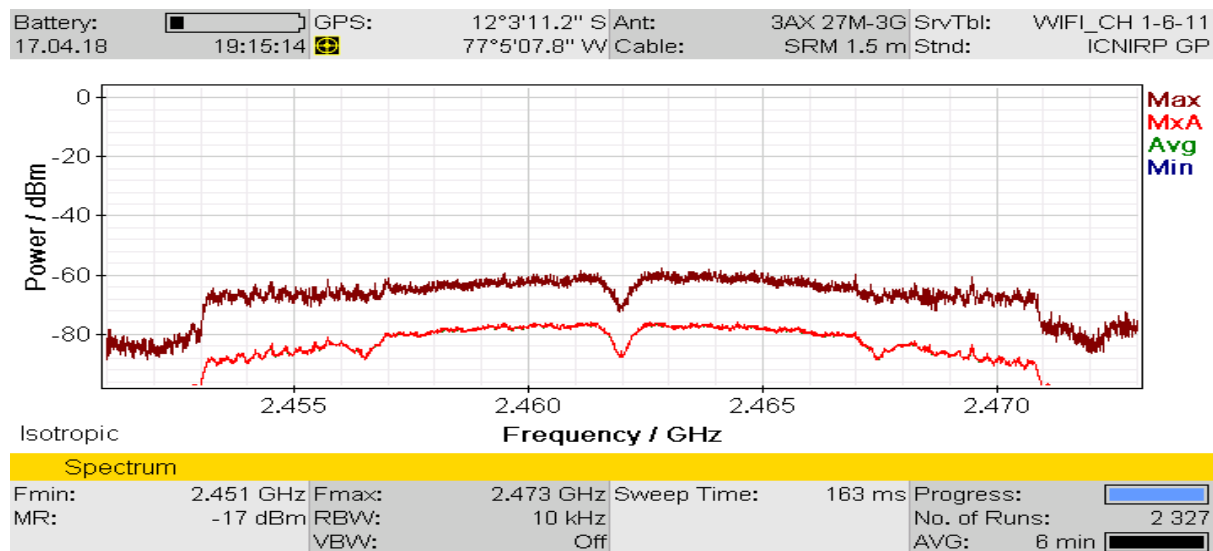


Figura 199. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 200 se muestra el espectro del canal de operación 06 del access point con SSID UNMSM ubicado en el 3 piso al interior de la videoteca, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

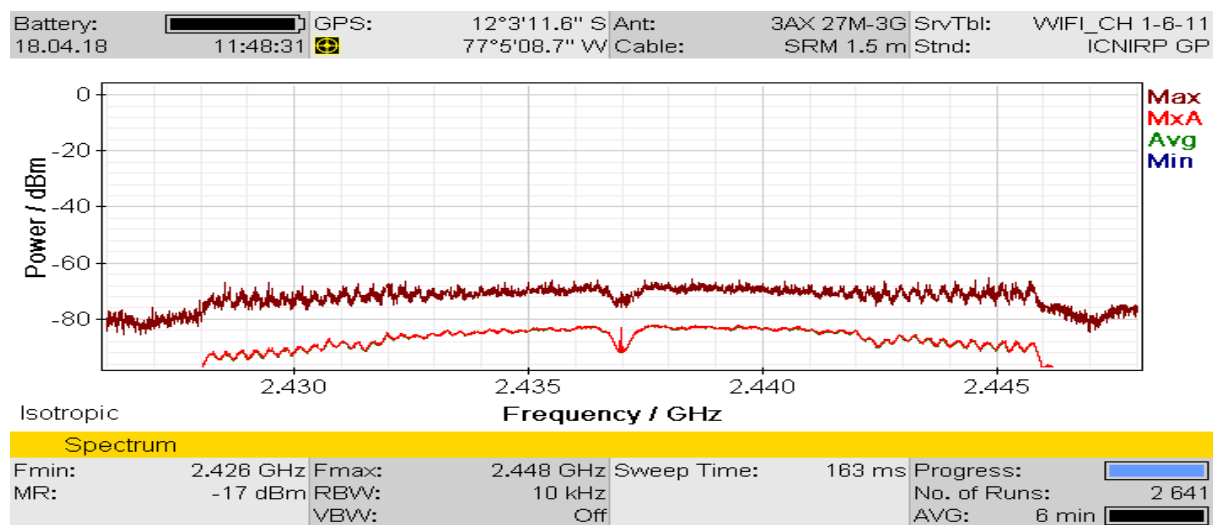


Figura 200. Espectro del canal de frecuencia 06 del access point UNMSM ubicado en el 3 piso al interior de la videoteca.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 201 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas.

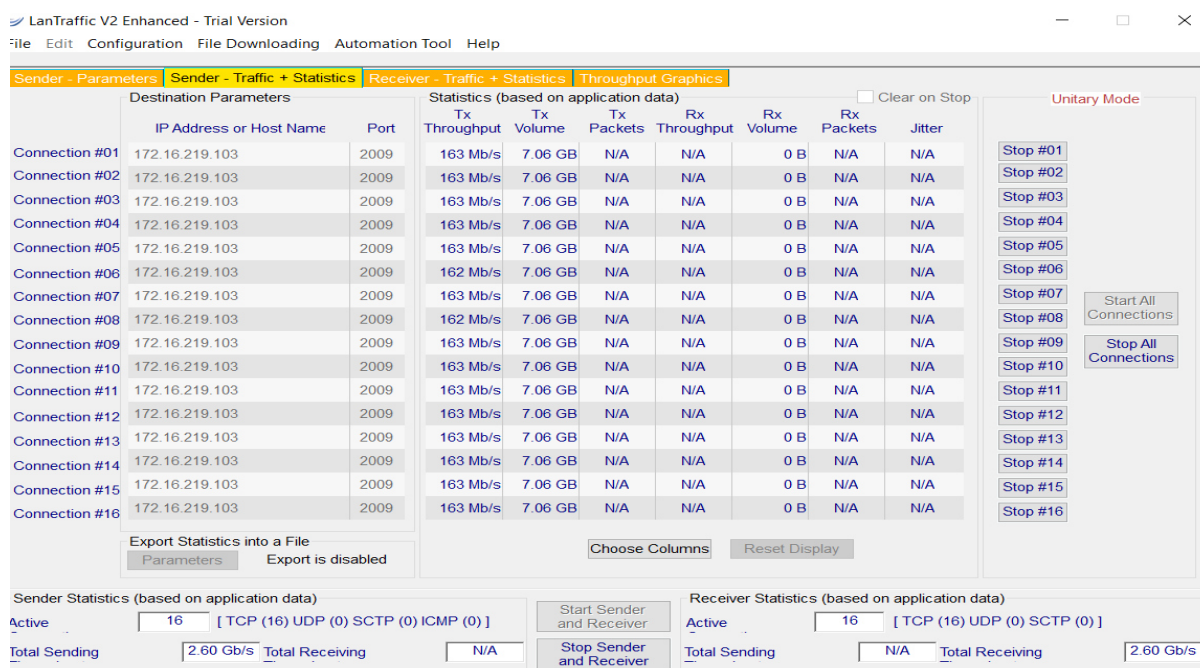


Figura 201. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 202 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208.

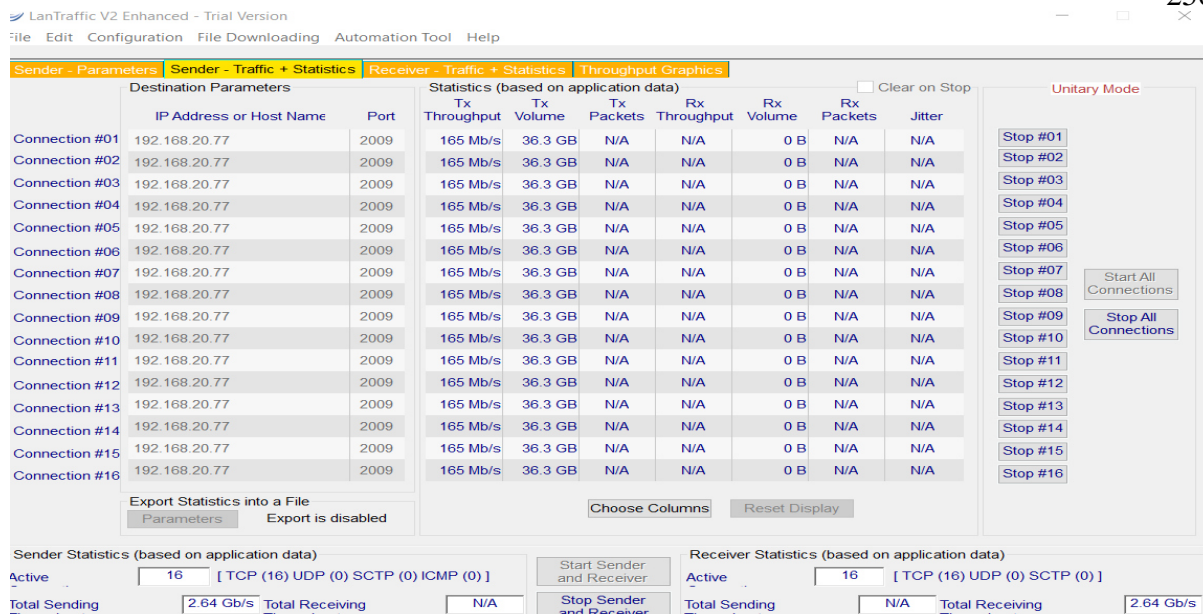


Figura 202. Tráfico generado en la red FISI-DOC ubicado en el 2 piso afuera del aula N° 208.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 203 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UNMSM ubicado en el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado.

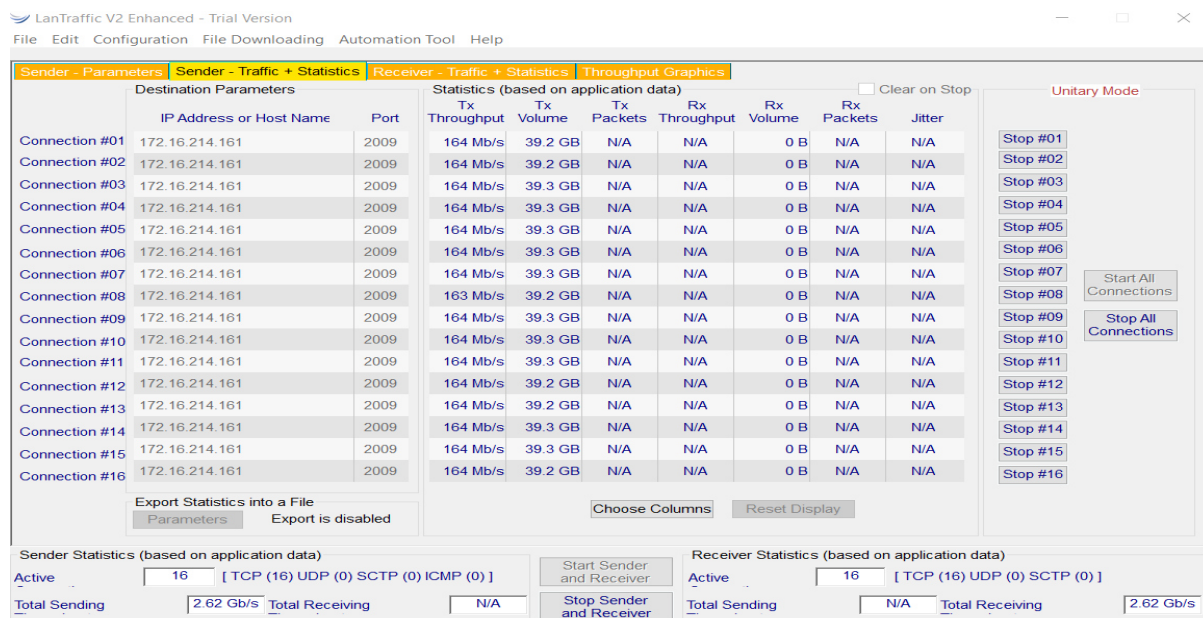


Figura 203. Tráfico generado en la red UNMSM ubicado en el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 204 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.

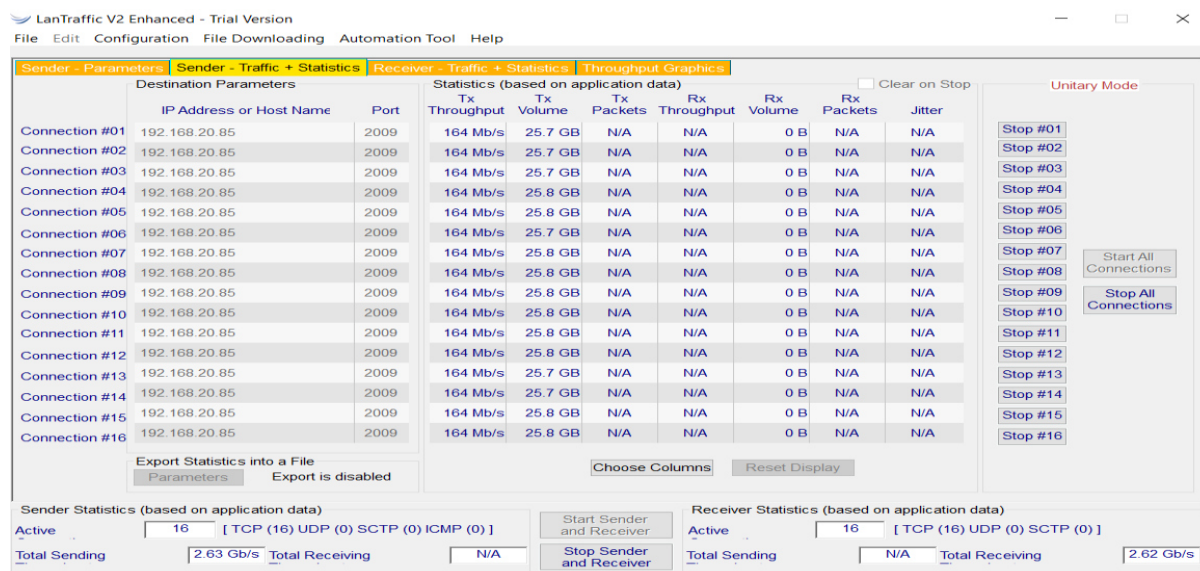


Figura 204. Tráfico generado en la red FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 205 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con SSID UNMSM ubicado en el 3 piso al interior de la videoteca.

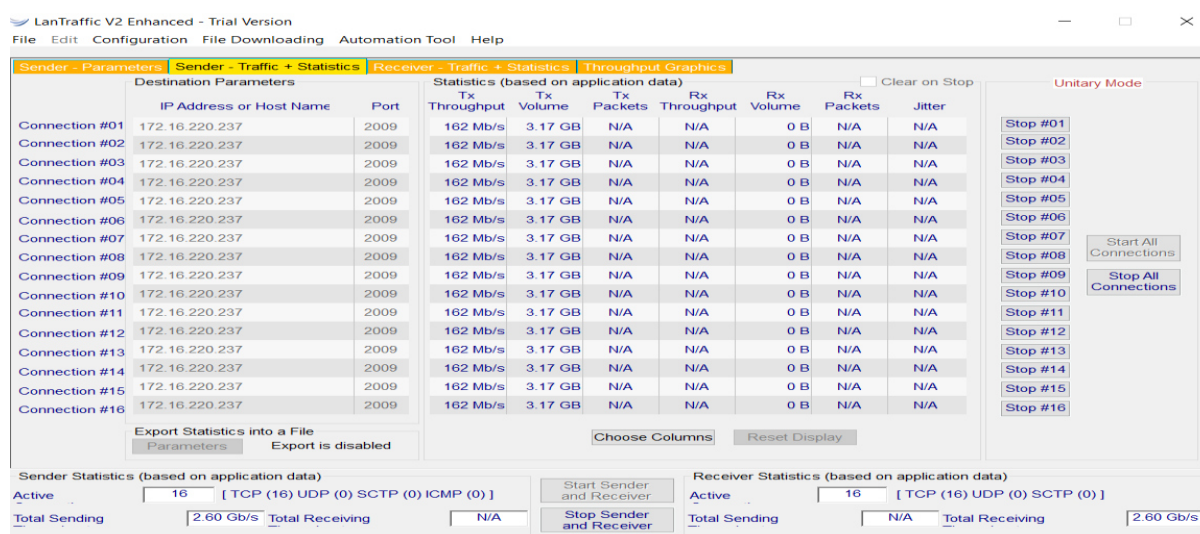


Figura 205. Tráfico generado en la red FISI-DOC ubicado en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, se evaluó dos ambientes interiores: 2 piso en el interior de la sala de catedráticos y el 3 piso en el interior de la videoteca. Para ello, se dividió el ambiente en cuadrículas con un área de 16m^2 , como se observa en la Figura 206 y en la Figura 207.

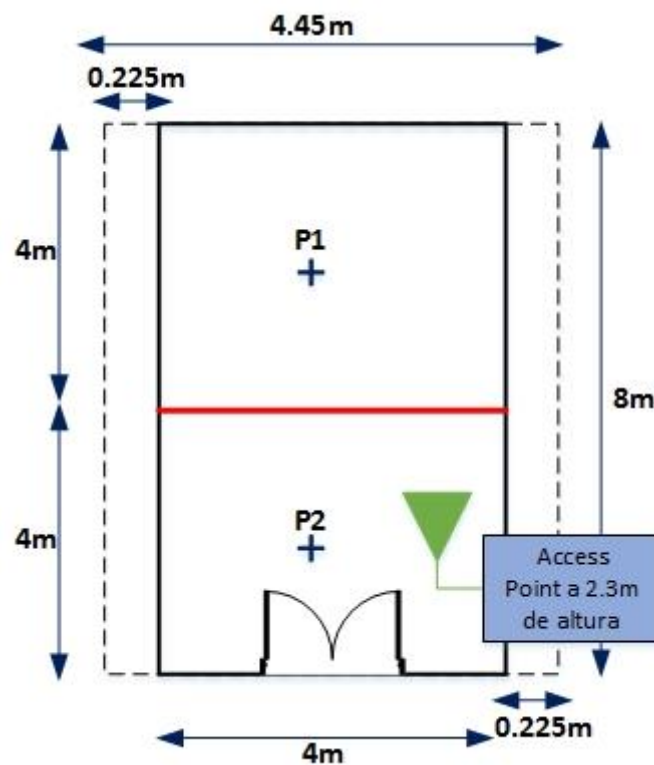


Figura 206. Esquema de los puntos de medición en el 2 piso en el interior de la sala de catedráticos.

Fuente: Elaboración propia.

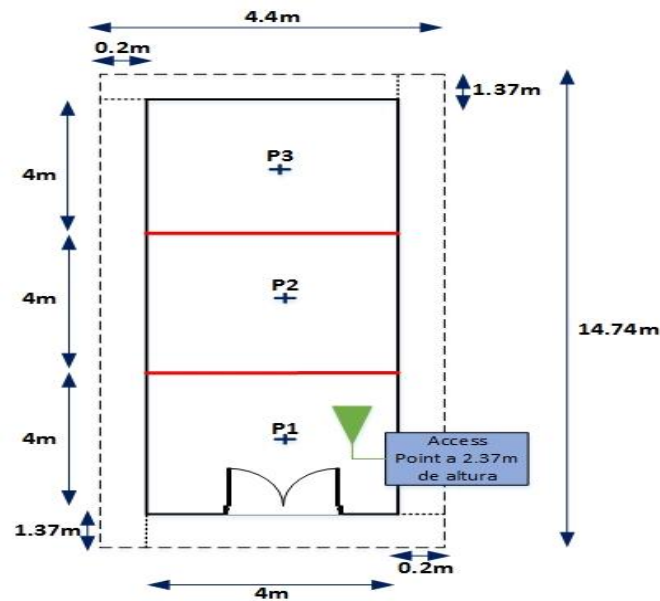


Figura 207. Esquema de los puntos de medición en el 3 piso en el interior de la videoteca.
Fuente: Elaboración propia.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, se evaluó tres ambientes exteriores: 3 piso afuera de la oficina de la E.P. Sistemas, 2 piso afuera del aula N° 208 y el 2 piso afuera de la Unidad de Posgrado. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 208.

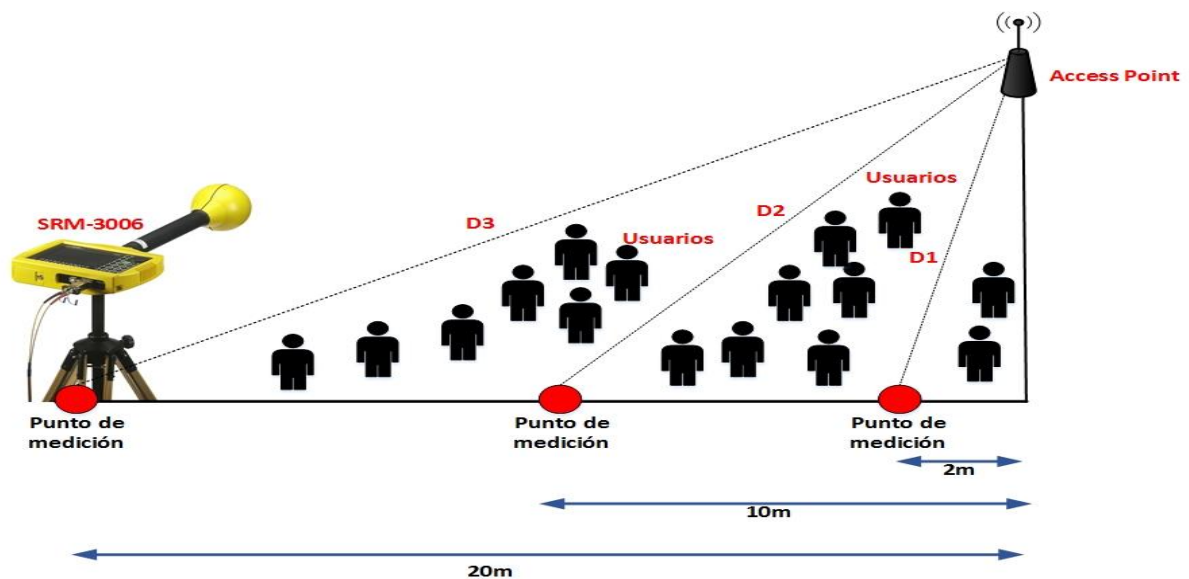


Figura 208. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Sistemas e Informática.
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes de los access point en la Facultad de Educación

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 209 se muestra los datos del access point con SSID Wifi_Educacion de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopiadora, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

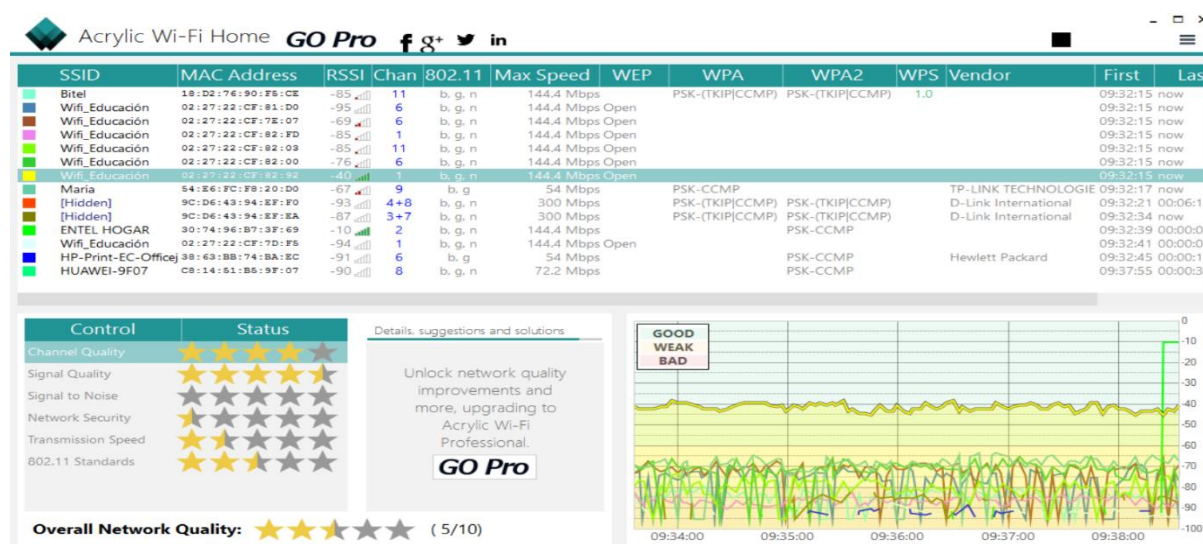


Figura 209. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopiadora usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 210 se muestra los datos del access point con SSID Wifi_Educacion de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

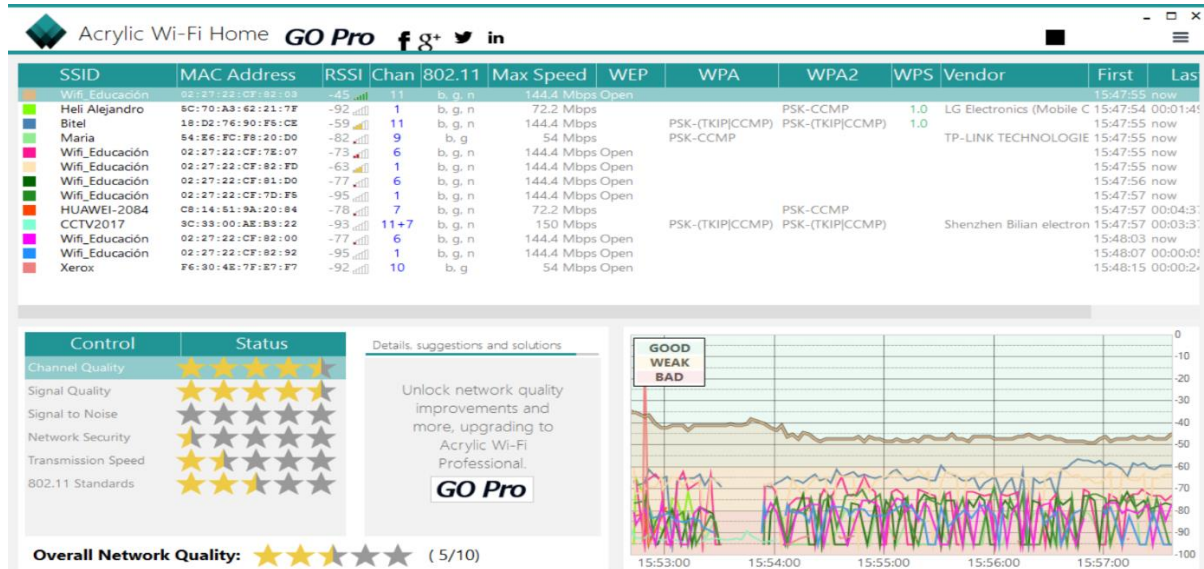


Figura 210. Características generales para el access point Wifi_Educación ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 211 se muestra los datos del access point con SSID Wifi_Educación de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el 3 piso afuera del aula N° 313, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

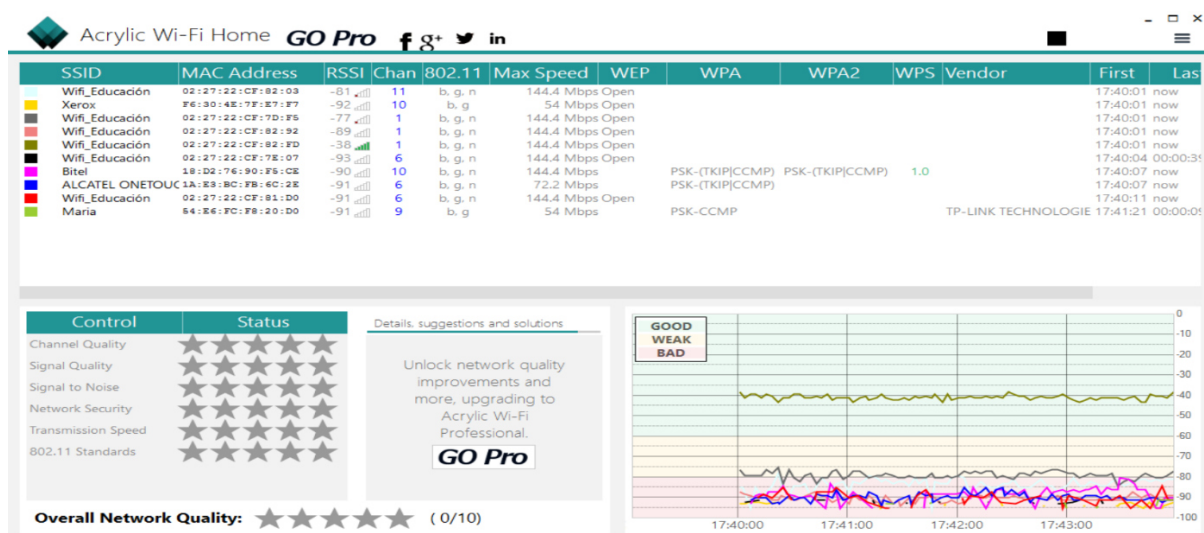


Figura 211. Características generales para el access point Wifi_Educación ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213 usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 212 se muestra los datos del access point con SSID Wifi_Educacion de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

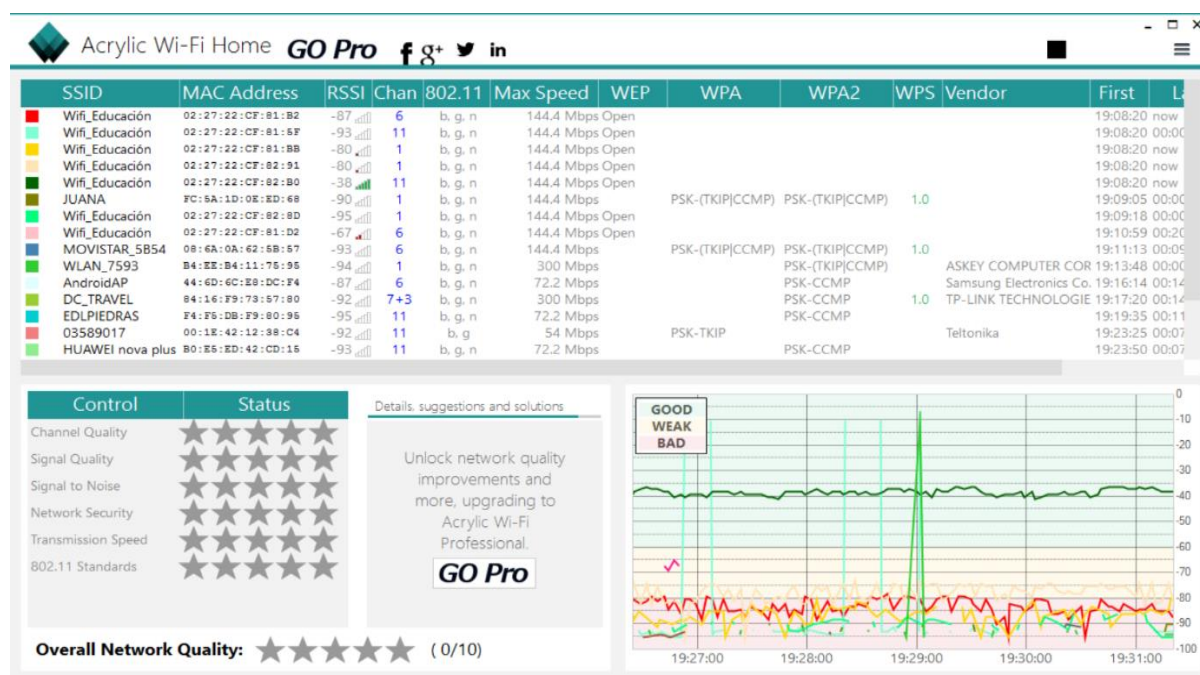


Figura 212. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 213 se muestra los datos del access point con SSID Wifi_Educacion de marca y modelo Ubiquiti UAP-AC-LR ubicado en el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

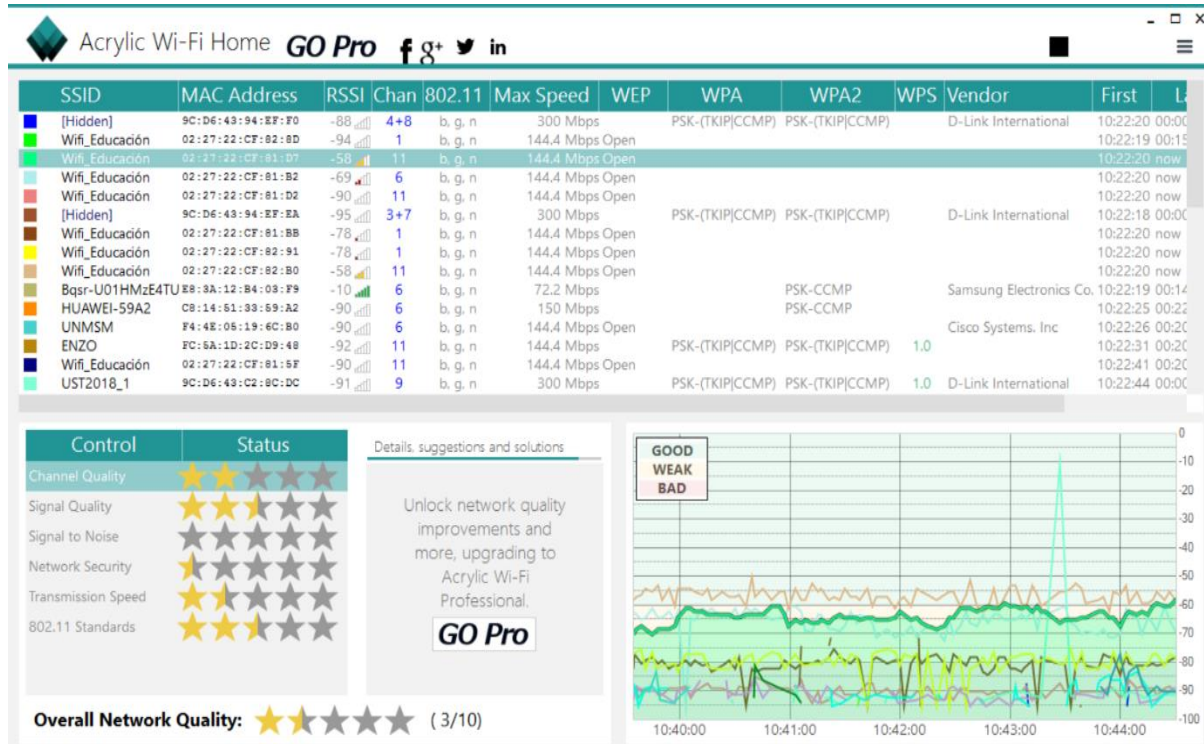


Figura 213. Características generales para el access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 214 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopidora, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

Battery: 03.05.18 GPS: 12°3'20.9" S Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WIFI_CH 1-6-11
 18:22:13 77°5'06.9" W Cable: SRM 1.5 m Stnd: ICNIRP GP

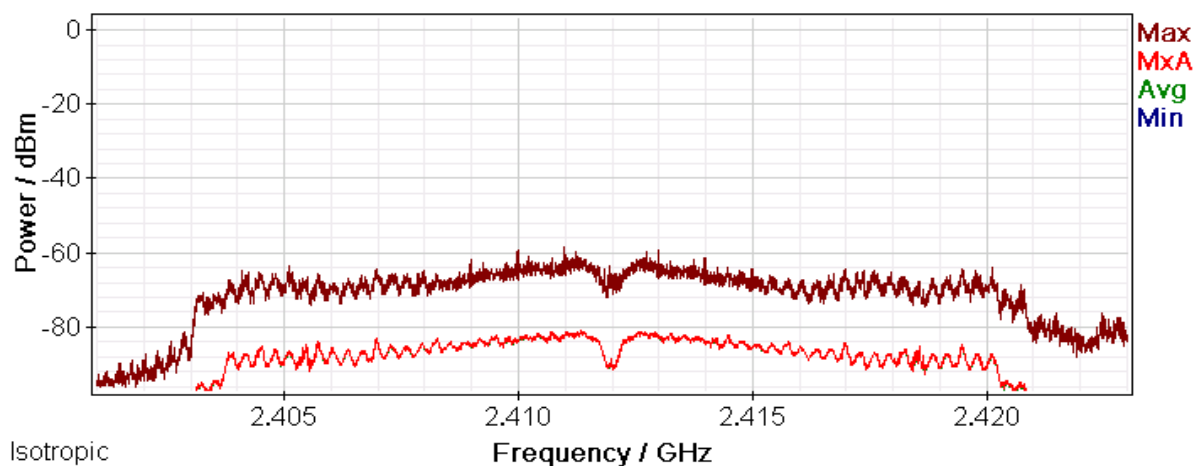


Figura 214. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopiadora.
 Fuente: Elaboración propia

En la Figura 215 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

Battery: 02.05.18 GPS: 12°3'20.8" S Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WIFI_CH 1-6-11
 17:08:56 77°5'06.5" W Cable: SRM 1.5 m Stnd: ICNIRP GP

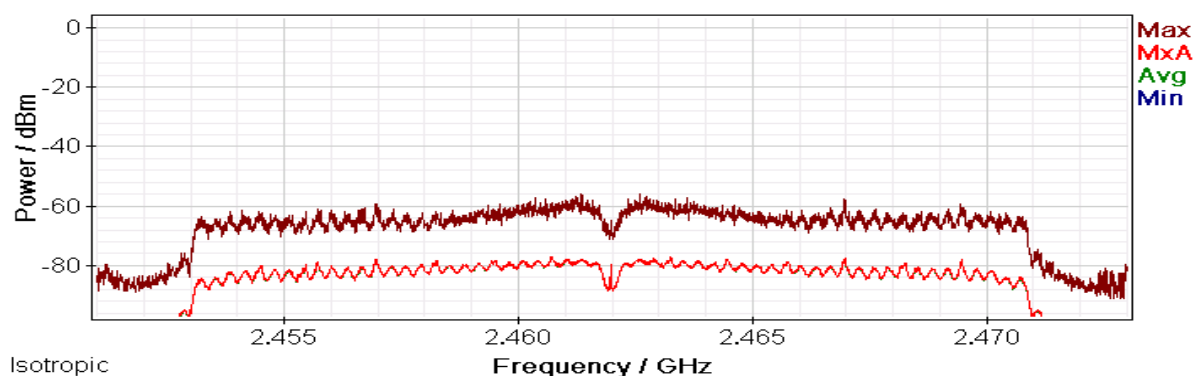


Figura 215. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213.
 Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 216 se muestra el espectro del canal de operación 01 del access point con SSID Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del aula N° 313, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

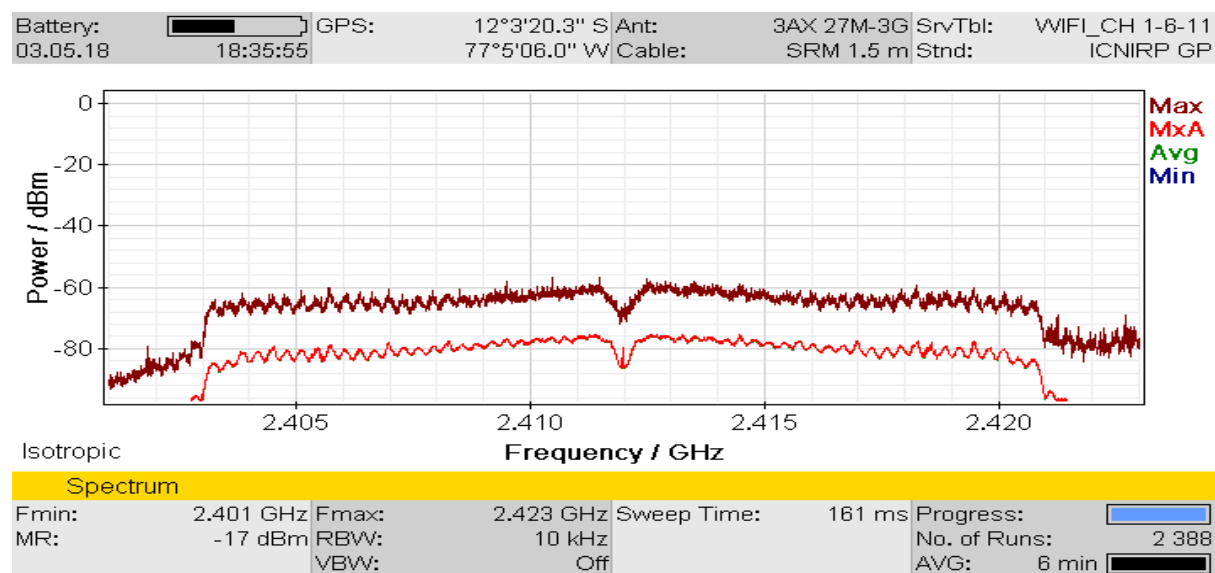


Figura 216. Espectro del canal de frecuencia 01 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del aula N° 313.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 217 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

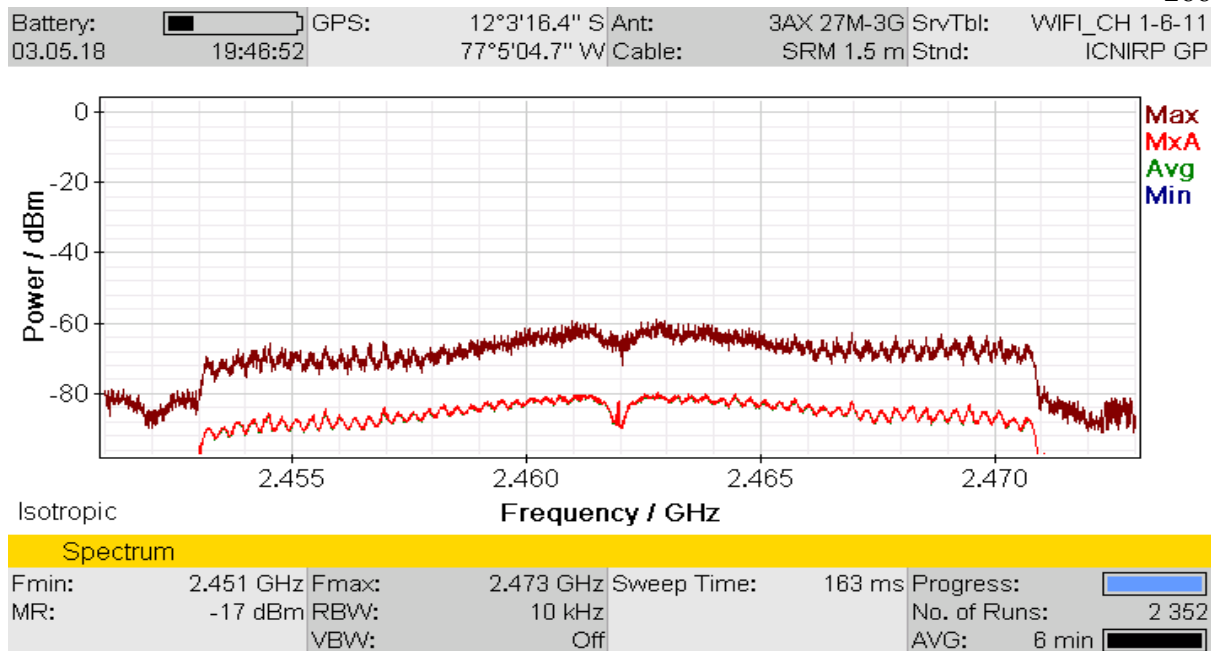


Figura 217. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 218 se muestra el espectro del canal de operación 11 del access point con SSID Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

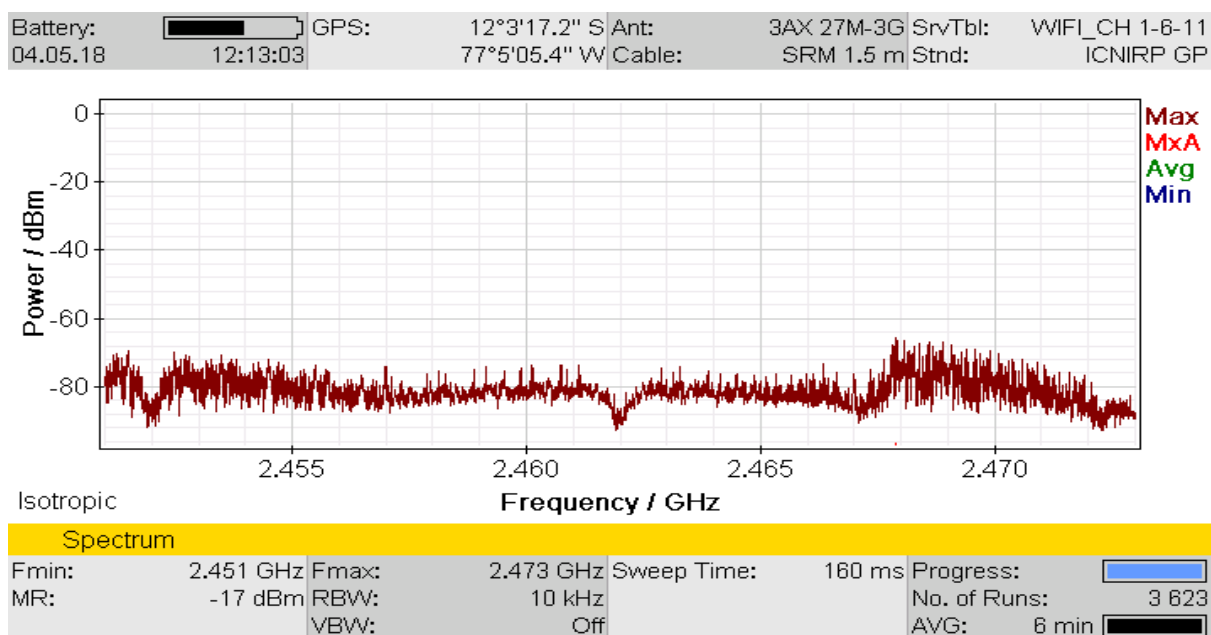


Figura 218. Espectro del canal de frecuencia 11 del access point Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo.

Fuente: Elaboración propia.

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 219 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopiadora.

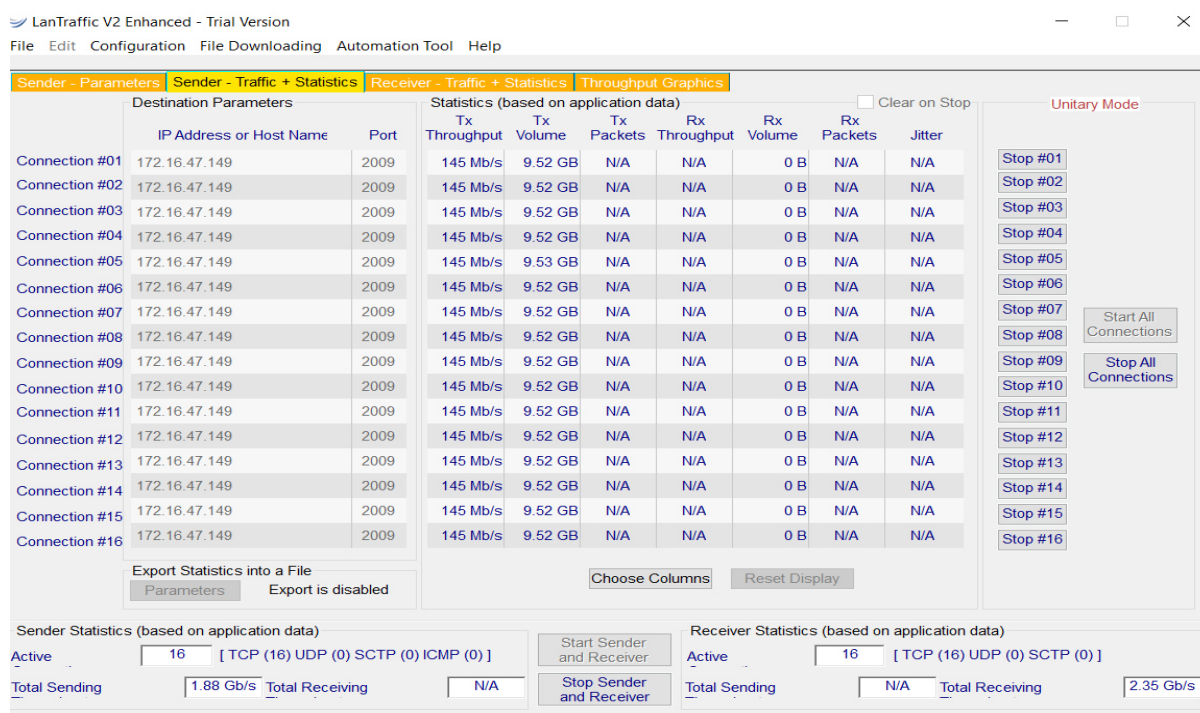


Figura 219. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 1 piso al frente de la fotocopiadora.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 220 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213.

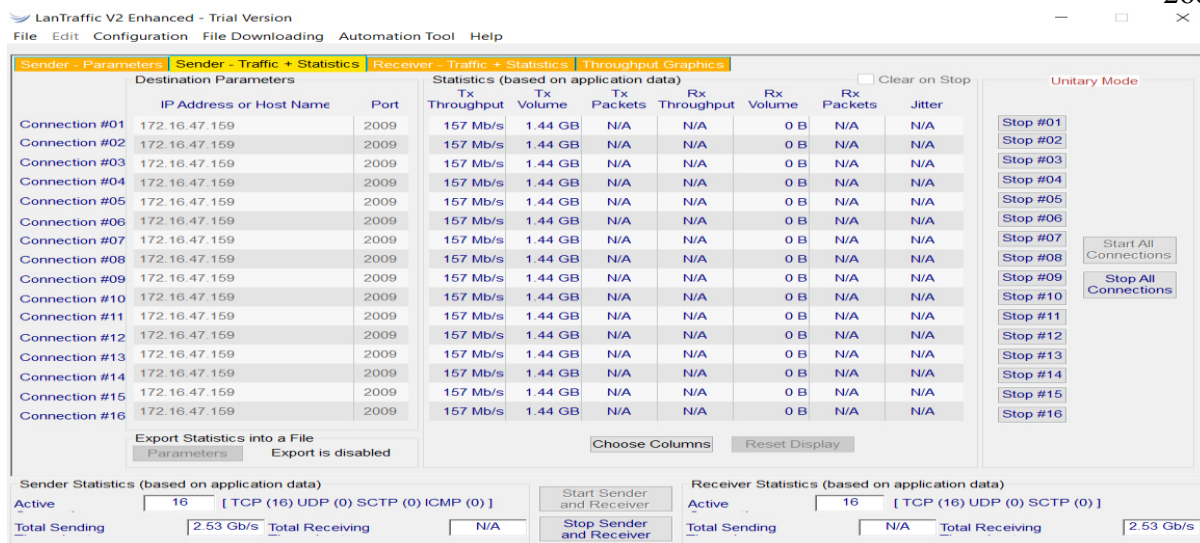


Figura 220. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 221 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del aula N° 313.

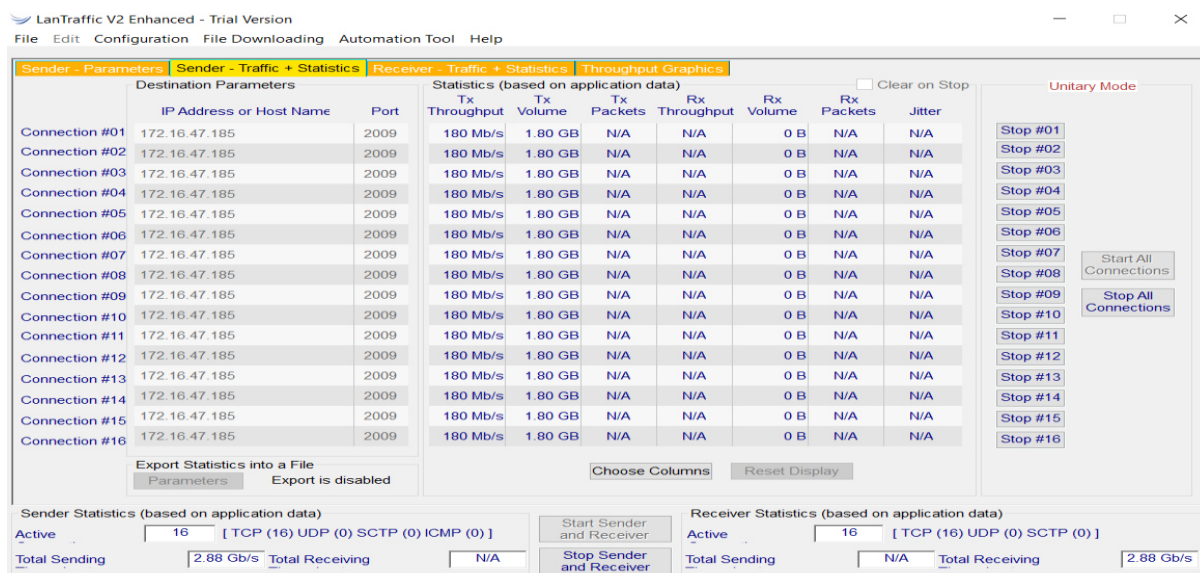


Figura 221. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso frente al aula N° 213.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 222 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo.

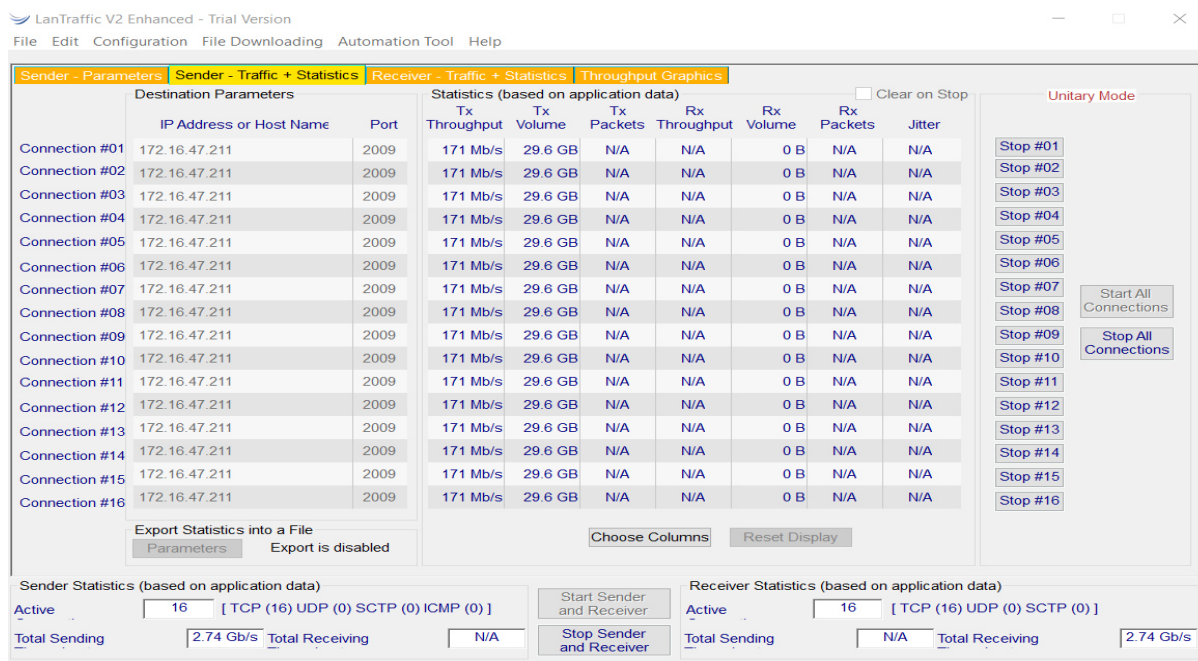


Figura 222. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 223 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo.

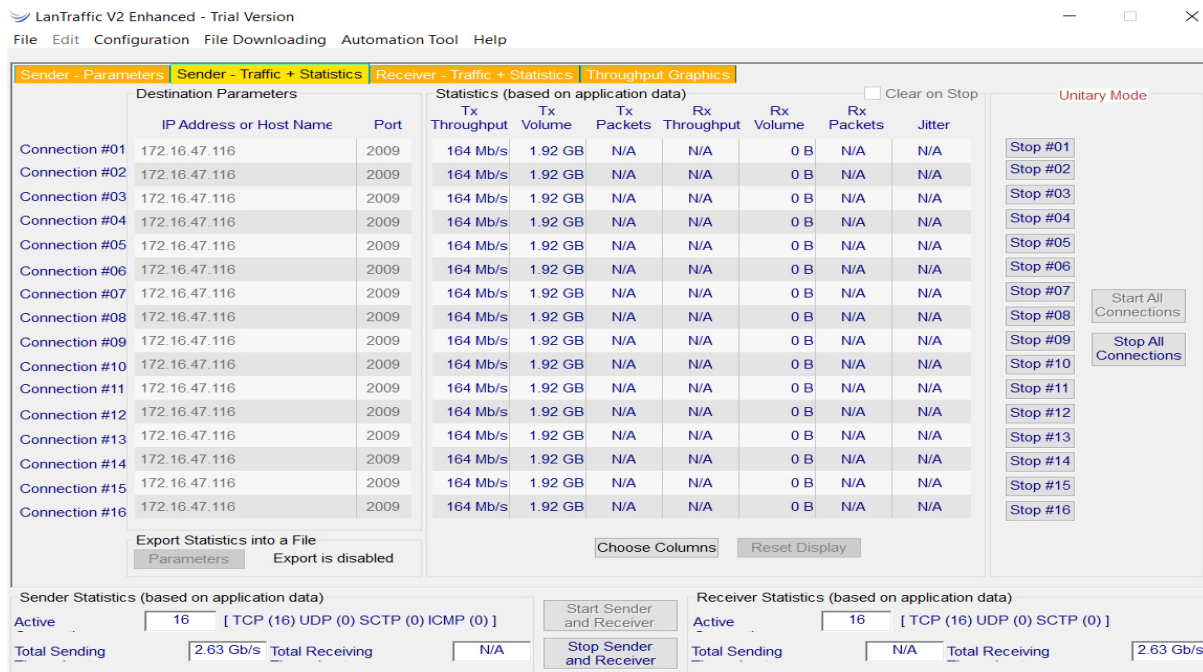


Figura 223. Tráfico generado en la red Wifi_Educacion ubicado en el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo.
Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que los access point estaban ubicados en ambientes interiores y exteriores, las ubicaciones de los puntos variaron en cada espacio.

Para ambientes interiores

En la Facultad de Educación, no se evaluó ningún ambiente interior.

Para ambientes exteriores

En la Facultad de Educación, se evaluó cinco ambientes exteriores: 1 piso al frente de la fotocopiadora, 2 piso frente al aula N° 213, 3 piso afuera del aula N° 313, 2 piso afuera del laboratorio de informática-pabellón administrativo y el 3 piso afuera del salón grados-pabellón administrativo. Para ello, se ubicó los puntos de medición en 2m, 10m y 20m, como se muestra en la Figura 224.

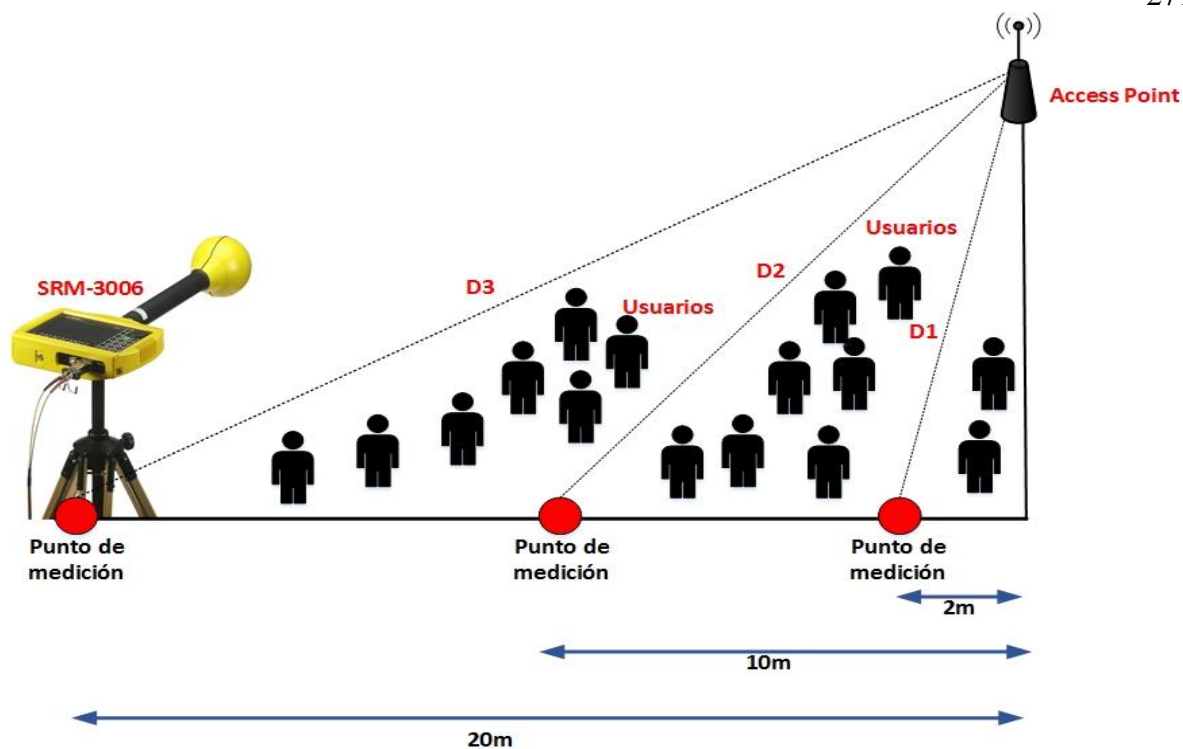


Figura 224. Esquema de los puntos de medición en los ambientes exteriores de la Facultad de Educación.

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para las mediciones de radiaciones no ionizantes del access point en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”

Evaluación de la conectividad de la red Wi-Fi

Se evaluó la conectividad en los cinco access point de la red Wi-Fi usando el software Acrylic Wi-Fi Professional.

En la Figura 225 se muestra los datos del access point con SSID: UNMSM-UNIVERSIA de marca y modelo Cisco Aironet 1700i ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”, adicionalmente se muestra la potencia de la señal recibida (RSSI), el canal de frecuencia y el tipo de estándar 802.11.

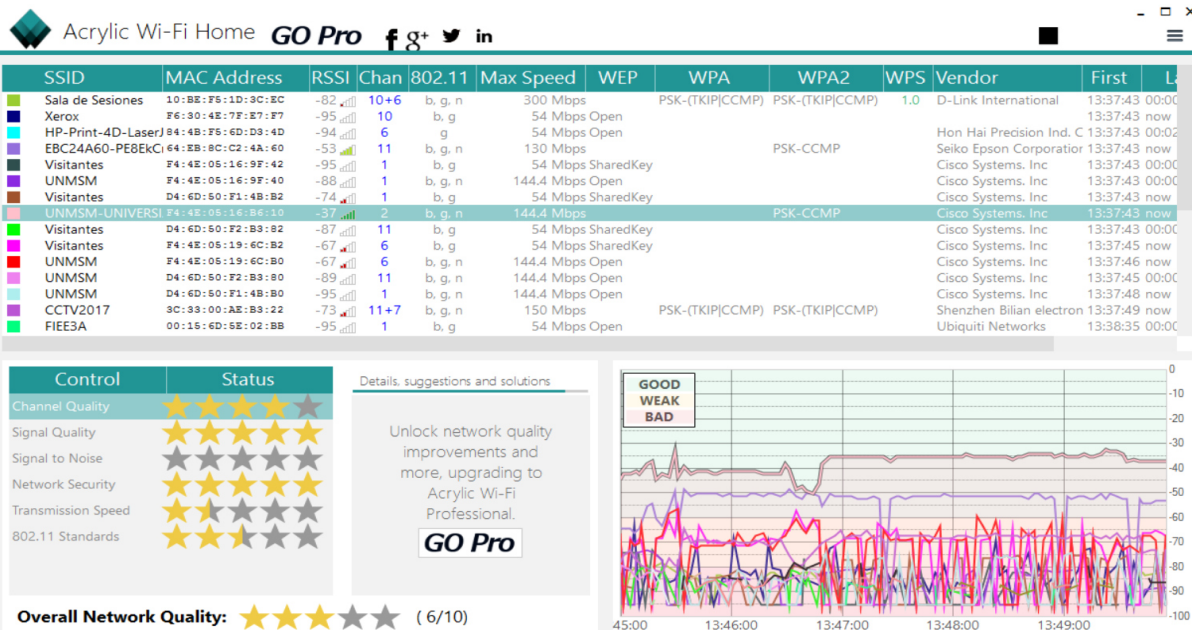


Figura 225. Características generales para el access point UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen” usando el Software Acrylic.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la señal de Wi-Fi en su canal de frecuencia

Se evaluó la señal del canal de frecuencia con el que trabaja cada access point, para ello se usó el analizador de espectros del equipo medidor selectivo Narda SRM-3006.

En la Figura 226 se muestra el espectro del canal de operación 02 del access point con SSID UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”, indicando la frecuencia mínima, máxima y la frecuencia central del canal.

Battery: 27.04.18 GPS: 12°3'20.2" S Ant: 3AX 27M-3G SrvTbl: WIFI_CH 2-7-12
 14:05:00 77°5'08.6" W Cable: SRM 1.5 m Stnd: ICNIRP GP

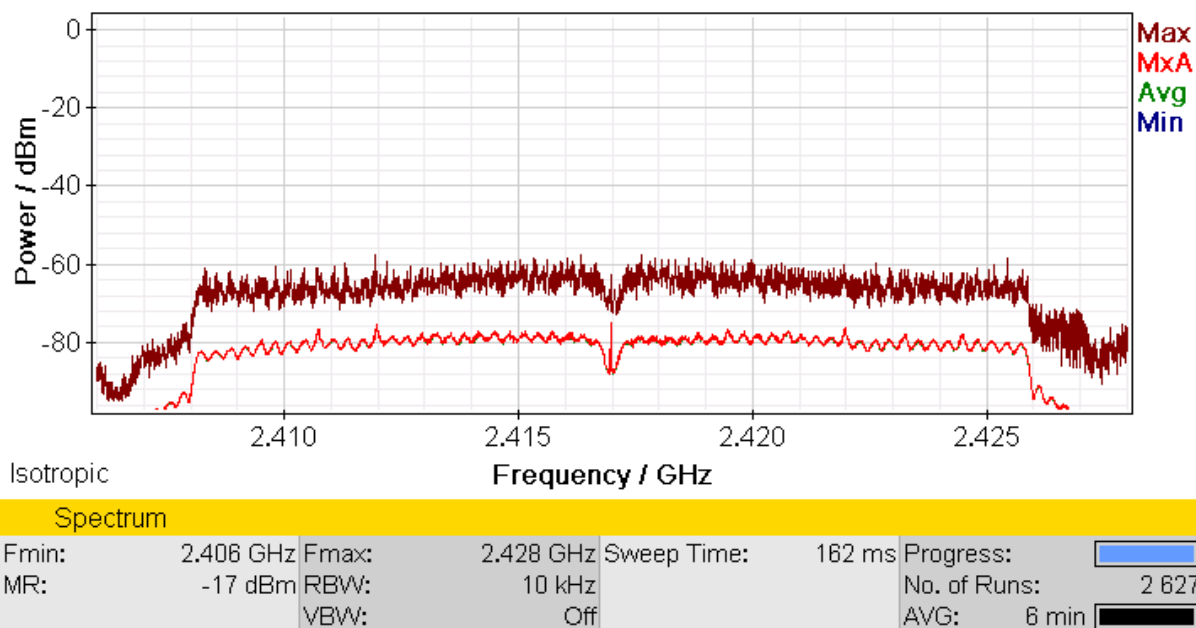


Figura 226. Espectro del canal de frecuencia 02 del access point UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”.

Fuente: Elaboración propia

Generación de tráfico en la red de Wi-Fi

Las mediciones se realizaron situándose en el peor de los casos, es decir cuando la red Wi-Fi estaba congestionada, para ello se generó tráfico en la red con el software Lan Traffic V2 simulando dieciséis conexiones de manera simultánea.

En la Figura 227 se muestra el tráfico generado con el software Lan Traffic V2 para la red Wi-Fi donde opera el access point con UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”.

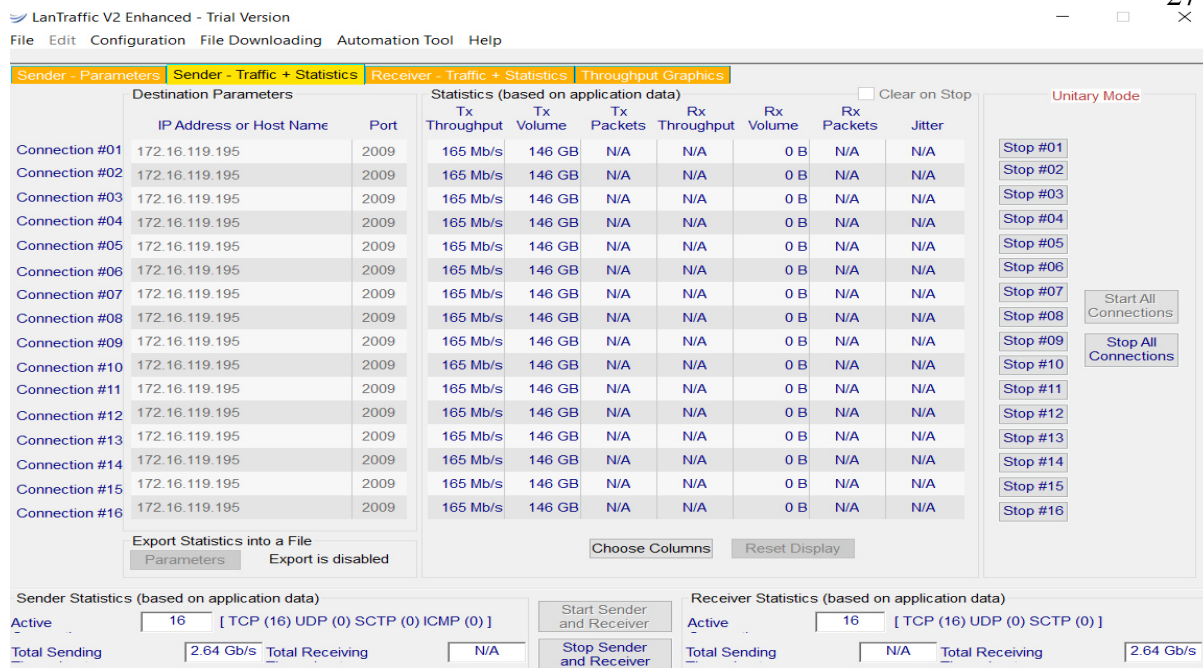


Figura 227. Tráfico generado en la red UNMSM-UNIVERSIA ubicado en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”.
Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los puntos de medición

Teniendo en cuenta que el access point estaban ubicado en un ambiente interior, se dividió en cuadrículas con un área de 2.18m x 1.88m para definir los puntos, como se observa en la Figura 228.

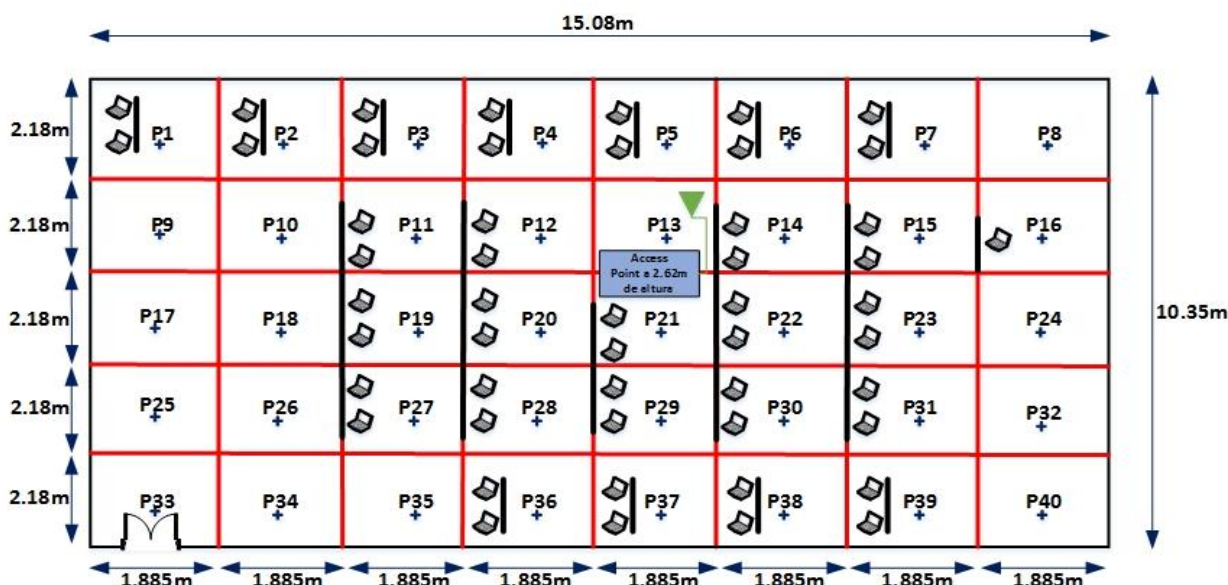


Figura 228. Esquema de los puntos de medición en el Aula Universia de la biblioteca central “Pedro Zulen”.
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice B: Norma Internacional ICNIRP 98

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION



ICNIRP GUIDELINES

FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING
ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC
FIELDS (UP TO 300 GHz)

PUBLISHED IN: HEALTH PHYSICS 74 (4):494-522; 1998

Note: Equation 11 was subsequently amended by the ICNIRP Commission in the 1999 reference book. The amended version is added here at the end of the document.

GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHz)

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*[†]

INTRODUCTION

In 1974, the International Radiation Protection Association (IRPA) formed a working group on non-ionizing radiation (NIR), which examined the problems arising in the field of protection against the various types of NIR. At the IRPA Congress in Paris in 1977, this working group became the International Non-Ionizing Radiation Committee (INIRC).

In cooperation with the Environmental Health Division of the World Health Organization (WHO), the IRPA/INIRC developed a number of health criteria documents on NIR as part of WHO's Environmental Health Criteria Programme, sponsored by the United Nations Environment Programme (UNEP). Each document includes an overview of the physical characteristics, measurement and instrumentation, sources, and applications of NIR, a thorough review of the literature on biological effects, and an evaluation of the health risks of exposure to NIR. These health criteria have provided the scientific database for the subsequent development of exposure limits and codes of practice relating to NIR.

At the Eighth International Congress of the IRPA (Montreal, 18–22 May 1992), a new, independent scientific organization—the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)—was established as a successor to the IRPA/INIRC. The functions of the Commission are to investigate the hazards that may be associated with the different forms of NIR, develop international guidelines on NIR exposure limits, and deal with all aspects of NIR protection.

Biological effects reported as resulting from exposure to static and extremely-low-frequency (ELF) electric and magnetic fields have been reviewed by UNEP/WHO/IRPA (1984, 1987). Those publications and a number of others, including UNEP/WHO/IRPA (1993) and Allen et al. (1991), provided the scientific rationale for these guidelines.

A glossary of terms appears in the Appendix.

PURPOSE AND SCOPE

The main objective of this publication is to establish guidelines for limiting EMF exposure that will provide protection against known adverse health effects. An adverse health effect causes detectable impairment of the health of the exposed individual or of his or her offspring; a biological effect, on the other hand, may or may not result in an adverse health effect.

Studies on both direct and indirect effects of EMF are described; direct effects result from direct interaction of fields with the body, indirect effects involve interactions with an object at a different electric potential from the body. Results of laboratory and epidemiological studies, basic exposure criteria, and reference levels for practical hazard assessment are discussed, and the guidelines presented apply to occupational and public exposure.

Guidelines on high-frequency and 50/60 Hz electromagnetic fields were issued by IRPA/INIRC in 1988 and 1990, respectively, but are superseded by the present guidelines which cover the entire frequency range of time-varying EMF (up to 300 GHz). Static magnetic fields are covered in the ICNIRP guidelines issued in 1994 (ICNIRP 1994).

In establishing exposure limits, the Commission recognizes the need to reconcile a number of differing expert opinions. The validity of scientific reports has to be considered, and extrapolations from animal experi-

* ICNIRP Secretariat, c/o Dipl.-Ing. Rüdiger Matthes, Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Strahlenhygiene, Ingolstädter Landstrasse 1, D-85764 Oberschleissheim, Germany.

[†] During the preparation of these guidelines, the composition of the Commission was as follows: A. Ahlbom (Sweden); U. Bergqvist (Sweden); J. H. Bernhardt, Chairman since May 1996 (Germany); J. P. Césarini (France); L. A. Court, until May 1996 (France); M. Grandolfo, Vice-Chairman until April 1996 (Italy); M. Hietanen, since May 1996 (Finland); A. F. McKinlay, Vice-Chairman since May 1996 (UK); M. H. Repacholi, Chairman until April 1996, Chairman emeritus since May 1996 (Australia); D. H. Sliney (USA); J. A. J. Stolwijk (USA); M. L. Swicord, until May 1996 (USA); L. D. Szabo (Hungary); M. Taki (Japan); T. S. Tenforde (USA); H. P. Jammet (Emeritus Member, deceased) (France); R. Matthes, Scientific Secretary (Germany).

During the preparation of this document, ICNIRP was supported by the following external experts: S. Allen (UK), J. Brix (Germany), S. Eggert (Germany), H. Garn (Austria), K. Jokela (Finland), H. Korniewicz (Poland), G.F. Mariutti (Italy), R. Saunders (UK), S. Tofani (Italy), P. Vecchia (Italy), E. Vogel (Germany). Many valuable comments provided by additional international experts are gratefully acknowledged.

(Manuscript received 2 October 1997; accepted 17 November 1997)
0017-9078/98/\$3.00/0

Copyright © 1998 Health Physics Society

ments to effects on humans have to be made. The restrictions in these guidelines were based on scientific data alone; currently available knowledge, however, indicates that these restrictions provide an adequate level of protection from exposure to time-varying EMF. Two classes of guidance are presented:

- **Basic restrictions:** Restrictions on exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields that are based directly on established health effects are termed "basic restrictions." Depending upon the frequency of the field, the physical quantities used to specify these restrictions are current density (**J**), specific energy absorption rate (SAR), and power density (**S**). Only power density in air, outside the body, can be readily measured in exposed individuals.
- **Reference levels:** These levels are provided for practical exposure assessment purposes to determine whether the basic restrictions are likely to be exceeded. Some reference levels are derived from relevant basic restrictions using measurement and/or computational techniques, and some address perception and adverse indirect effects of exposure to EMF. The derived quantities are electric field strength (**E**), magnetic field strength (**H**), magnetic flux density (**B**), power density (**S**), and currents flowing through the limbs (I_L). Quantities that address perception and other indirect effects are contact current (I_C) and, for pulsed fields, specific energy absorption (SA). In any particular exposure situation, measured or calculated values of any of these quantities can be compared with the appropriate reference level. Compliance with the reference level will ensure compliance with the relevant basic restriction. If the measured or calculated value exceeds the reference level, it does not necessarily follow that the basic restriction will be exceeded. However, whenever a reference level is exceeded it is necessary to test compliance with the relevant basic restriction and to determine whether additional protective measures are necessary.

These guidelines do not directly address product performance standards, which are intended to limit EMF emissions under specified test conditions, nor does the document deal with the techniques used to measure any of the physical quantities that characterize electric, magnetic, and electromagnetic fields. Comprehensive descriptions of instrumentation and measurement techniques for accurately determining such physical quantities may be found elsewhere (NCRP 1981; IEEE 1992; NCRP 1993; DIN VDE 1995).

Compliance with the present guidelines may not necessarily preclude interference with, or effects on, medical devices such as metallic prostheses, cardiac pacemakers and defibrillators, and cochlear implants. Interference with pacemakers may occur at levels below

the recommended reference levels. Advice on avoiding these problems is beyond the scope of the present document but is available elsewhere (UNEP/WHO/IRPA 1993).

These guidelines will be periodically revised and updated as advances are made in identifying the adverse health effects of time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields.

QUANTITIES AND UNITS

Whereas electric fields are associated only with the presence of electric charge, magnetic fields are the result of the physical movement of electric charge (electric current). An electric field, **E**, exerts forces on an electric charge and is expressed in volt per meter (V m^{-1}). Similarly, magnetic fields can exert physical forces on electric charges, but only when such charges are in motion. Electric and magnetic fields have both magnitude and direction (i.e., they are vectors). A magnetic field can be specified in two ways—as magnetic flux density, **B**, expressed in tesla (T), or as magnetic field strength, **H**, expressed in ampere per meter (A m^{-1}). The two quantities are related by the expression:

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}, \quad (1)$$

where μ is the constant of proportionality (the magnetic permeability); in a vacuum and in air, as well as in non-magnetic (including biological) materials, μ has the value $4\pi \times 10^{-7}$ when expressed in henry per meter (H m^{-1}). Thus, in describing a magnetic field for protection purposes, only one of the quantities **B** or **H** needs to be specified.

In the far-field region, the plane-wave model is a good approximation of the electromagnetic field propagation. The characteristics of a plane wave are:

- The wave fronts have a planar geometry;
- The **E** and **H** vectors and the direction of propagation are mutually perpendicular;
- The phase of the **E** and **H** fields is the same, and the quotient of the amplitude of **E/H** is constant throughout space. In free space, the ratio of their amplitudes $E/H = 377 \text{ ohm}$, which is the characteristic impedance of free space;
- Power density, **S**, i.e., the power per unit area normal to the direction of propagation, is related to the electric and magnetic fields by the expression:

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \mathbf{H} = E^2/377 = 377 H^2. \quad (2)$$

The situation in the near-field region is rather more complicated because the maxima and minima of **E** and **H** fields do not occur at the same points along the direction of propagation as they do in the far field. In the near field, the electromagnetic field structure may be highly inhomogeneous, and there may be substantial variations from the plane-wave impedance of 377 ohms; that is, there may be almost pure **E** fields in some regions and almost pure **H** fields in others. Exposures in the near field are

Table 1. Electric, magnetic, electromagnetic, and dosimetric quantities and corresponding SI units.

Quantity	Symbol	Unit
Conductivity	σ	siemens per meter (S m^{-1})
Current	I	ampere (A)
Current density	\mathbf{J}	ampere per square meter (A m^{-2})
Frequency	f	hertz (Hz)
Electric field strength	\mathbf{E}	volt per meter (V m^{-1})
Magnetic field strength	\mathbf{H}	ampere per meter (A m^{-1})
Magnetic flux density	\mathbf{B}	tesla (T)
Magnetic permeability	μ	henry per meter (H m^{-1})
Permittivity	ϵ	farad per meter (F m^{-1})
Power density	\mathbf{S}	watt per square meter (W m^{-2})
Specific energy absorption	SA	joule per kilogram (J kg^{-1})
Specific energy absorption rate	SAR	watt per kilogram (W kg^{-1})

more difficult to specify, because both \mathbf{E} and \mathbf{H} fields must be measured and because the field patterns are more complicated; in this situation, power density is no longer an appropriate quantity to use in expressing exposure restrictions (as in the far field).

Exposure to time-varying EMF results in internal body currents and energy absorption in tissues that depend on the coupling mechanisms and the frequency involved. The internal electric field and current density are related by Ohm's Law:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}, \quad (3)$$

where σ is the electrical conductivity of the medium. The dosimetric quantities used in these guidelines, taking into account different frequency ranges and waveforms, are as follows:

- Current density, \mathbf{J} , in the frequency range up to 10 MHz;
- Current, I , in the frequency range up to 110 MHz;
- Specific energy absorption rate, SAR, in the frequency range 100 kHz–10 GHz;
- Specific energy absorption, SA, for pulsed fields in the frequency range 300 MHz–10 GHz; and
- Power density, \mathbf{S} , in the frequency range 10–300 GHz.

A general summary of EMF and dosimetric quantities and units used in these guidelines is provided in Table 1.

BASIS FOR LIMITING EXPOSURE

These guidelines for limiting exposure have been developed following a thorough review of all published scientific literature. The criteria applied in the course of the review were designed to evaluate the credibility of the various reported findings (Repacholi and Stolwijk 1991; Repacholi and Cardis 1997); only established effects were used as the basis for the proposed exposure restrictions. Induction of cancer from long-term EMF exposure was not considered to be established, and so

these guidelines are based on short-term, immediate health effects such as stimulation of peripheral nerves and muscles, shocks and burns caused by touching conducting objects, and elevated tissue temperatures resulting from absorption of energy during exposure to EMF. In the case of potential long-term effects of exposure, such as an increased risk of cancer, ICNIRP concluded that available data are insufficient to provide a basis for setting exposure restrictions, although epidemiological research has provided suggestive, but unconvincing, evidence of an association between possible carcinogenic effects and exposure at levels of 50/60 Hz magnetic flux densities substantially lower than those recommended in these guidelines.

In-vitro effects of short-term exposure to ELF or ELF amplitude-modulated EMF are summarized. Transient cellular and tissue responses to EMF exposure have been observed, but with no clear exposure-response relationship. These studies are of limited value in the assessment of health effects because many of the responses have not been demonstrated *in vivo*. Thus, *in-vitro* studies alone were not deemed to provide data that could serve as a primary basis for assessing possible health effects of EMF.

COUPLING MECHANISMS BETWEEN FIELDS AND THE BODY

There are three established basic coupling mechanisms through which time-varying electric and magnetic fields interact directly with living matter (UNEP/WHO/IRPA 1993):

- coupling to low-frequency electric fields;
- coupling to low-frequency magnetic fields; and
- absorption of energy from electromagnetic fields.

Coupling to low-frequency electric fields

The interaction of time-varying electric fields with the human body results in the flow of electric charges (electric current), the polarization of bound charge (formation of electric dipoles), and the reorientation of electric dipoles already present in tissue. The relative magnitudes of these different effects depend on the electrical properties of the body—that is, electrical conductivity (governing the flow of electric current) and permittivity (governing the magnitude of polarization effects). Electrical conductivity and permittivity vary with the type of body tissue and also depend on the frequency of the applied field. Electric fields external to the body induce a surface charge on the body; this results in induced currents in the body, the distribution of which depends on exposure conditions, on the size and shape of the body, and on the body's position in the field.

Coupling to low-frequency magnetic fields

The physical interaction of time-varying magnetic fields with the human body results in induced electric fields and circulating electric currents. The magnitudes of the induced field and the current density are propor-

tional to the radius of the loop, the electrical conductivity of the tissue, and the rate of change and magnitude of the magnetic flux density. For a given magnitude and frequency of magnetic field, the strongest electric fields are induced where the loop dimensions are greatest. The exact path and magnitude of the resulting current induced in any part of the body will depend on the electrical conductivity of the tissue.

The body is not electrically homogeneous; however, induced current densities can be calculated using anatomically and electrically realistic models of the body and computational methods, which have a high degree of anatomical resolution.

Absorption of energy from electromagnetic fields

Exposure to low-frequency electric and magnetic fields normally results in negligible energy absorption and no measurable temperature rise in the body. However, exposure to electromagnetic fields at frequencies above about 100 kHz can lead to significant absorption of energy and temperature increases. In general, exposure to a uniform (plane-wave) electromagnetic field results in a highly non-uniform deposition and distribution of energy within the body, which must be assessed by dosimetric measurement and calculation.

As regards absorption of energy by the human body, electromagnetic fields can be divided into four ranges (Durney et al. 1985):

- frequencies from about 100 kHz to less than about 20 MHz, at which absorption in the trunk decreases rapidly with decreasing frequency, and significant absorption may occur in the neck and legs;
- frequencies in the range from about 20 MHz to 300 MHz, at which relatively high absorption can occur in the whole body, and to even higher values if partial body (e.g., head) resonances are considered;
- frequencies in the range from about 300 MHz to several GHz, at which significant local, non-uniform absorption occurs; and
- frequencies above about 10 GHz, at which energy absorption occurs primarily at the body surface.

In tissue, SAR is proportional to the square of the internal electric field strength. Average SAR and SAR distribution can be computed or estimated from laboratory measurements. Values of SAR depend on the following factors:

- the incident field parameters, i.e., the frequency, intensity, polarization, and source-object configuration (near- or far-field);
- the characteristics of the exposed body, i.e., its size and internal and external geometry, and the dielectric properties of the various tissues; and
- ground effects and reflector effects of other objects in the field near the exposed body.

When the long axis of the human body is parallel to the electric field vector, and under plane-wave exposure conditions (i.e., far-field exposure), whole-body SAR reaches maximal values. The amount of energy absorbed depends on a number of factors, including the size of the exposed body. "Standard Reference Man" (ICRP 1994), if not grounded, has a resonant absorption frequency close to 70 MHz. For taller individuals the resonant absorption frequency is somewhat lower, and for shorter adults, children, babies, and seated individuals it may exceed 100 MHz. The values of electric field reference levels are based on the frequency-dependence of human absorption; in grounded individuals, resonant frequencies are lower by a factor of about 2 (UNEP/WHO/IRPA 1993).

For some devices that operate at frequencies above 10 MHz (e.g., dielectric heaters, mobile telephones), human exposure can occur under near-field conditions. The frequency-dependence of energy absorption under these conditions is very different from that described for far-field conditions. Magnetic fields may dominate for certain devices, such as mobile telephones, under certain exposure conditions.

The usefulness of numerical modeling calculations, as well as measurements of induced body current and tissue field strength, for assessment of near-field exposures has been demonstrated for mobile telephones, walkie-talkies, broadcast towers, shipboard communication sources, and dielectric heaters (Kuster and Balzano 1992; Dimbylow and Mann 1994; Jokela et al. 1994; Gandhi 1995; Tofani et al. 1995). The importance of these studies lies in their having shown that near-field exposure can result in high local SAR (e.g., in the head, wrists, ankles) and that whole-body and local SAR are strongly dependent on the separation distance between the high-frequency source and the body. Finally, SAR data obtained by measurement are consistent with data obtained from numerical modeling calculations. Whole-body average SAR and local SAR are convenient quantities for comparing effects observed under various exposure conditions. A detailed discussion of SAR can be found elsewhere (UNEP/WHO/IRPA 1993).

At frequencies greater than about 10 GHz, the depth of penetration of the field into tissues is small, and SAR is not a good measure for assessing absorbed energy; the incident power density of the field (in $W m^{-2}$) is a more appropriate dosimetric quantity.

INDIRECT COUPLING MECHANISMS

There are two indirect coupling mechanisms:

- contact currents that result when the human body comes into contact with an object at a different electric potential (i.e., when either the body or the object is charged by an EMF); and
- coupling of EMF to medical devices worn by, or implanted in, an individual (not considered in this document).

The charging of a conducting object by EMF causes electric currents to pass through the human body in contact with that object (Tenforde and Kaune 1987; UNEP/WHO/IRPA 1993). The magnitude and spatial distribution of such currents depend on frequency, the size of the object, the size of the person, and the area of contact; transient discharges—sparks—can occur when an individual and a conducting object exposed to a strong field come into close proximity.

BIOLOGICAL BASIS FOR LIMITING EXPOSURE (UP TO 100 KHZ)

The following paragraphs provide a general review of relevant literature on the biological and health effects of electric and magnetic fields with frequency ranges up to 100 kHz, in which the major mechanism of interaction is induction of currents in tissues. For the frequency range >0 to 1 Hz, the biological basis for the basic restrictions and reference levels are provided in ICNIRP (1994). More detailed reviews are available elsewhere (NRPB 1991, 1993; UNEP/WHO/IRPA 1993; Blank 1995; NAS 1996; Polk and Postow 1996; Ueno 1996).

Direct effects of electric and magnetic fields

Epidemiological studies. There have been many reviews of epidemiological studies of cancer risk in relation to exposure to power-frequency fields (NRPB 1992, 1993, 1994b; ORAU 1992; Savitz 1993; Heath 1996; Stevens and Davis 1996; Tenforde 1996; NAS 1996). Similar reviews have been published on the risk of adverse reproductive outcomes associated with exposure to EMF (Chernoff et al. 1992; Brent et al. 1993; Shaw and Croen 1993; NAS 1996; Tenforde 1996).

Reproductive outcome. Epidemiological studies on pregnancy outcomes have provided no consistent evidence of adverse reproductive effects in women working with visual display units (VDUs) (Bergqvist 1993; Shaw and Croen 1993; NRPB 1994a; Tenforde 1996). For example, meta-analysis revealed no excess risk of spontaneous abortion or malformation in combined studies comparing pregnant women using VDUs with women not using VDUs (Shaw and Croen 1993). Two other studies concentrated on actual measurements of the electric and magnetic fields emitted by VDUs; one reported a suggestion of an association between ELF magnetic fields and miscarriage (Lindbohm et al. 1992), while the other found no such association (Schnorr et al. 1991). A prospective study that included large numbers of cases, had high participation rates, and detailed exposure assessment (Bracken et al. 1995) reported that neither birth weight nor intra-uterine growth rate was related to any ELF field exposure. Adverse outcomes were not associated with higher levels of exposure. Exposure measurements included current-carrying capacity of power lines outside homes, 7-d personal exposure measurements, 24-h measurements in the home, and self-reported use of electric blankets, heated water beds,

and VDUs. Most currently available information fails to support an association between occupational exposure to VDUs and harmful reproductive effects (NRPB 1994a; Tenforde 1996).

Residential cancer studies. Considerable controversy surrounds the possibility of a link between exposure to ELF magnetic fields and an elevated risk of cancer. Several reports on this topic have appeared since Wertheimer and Leeper reported (1979) an association between childhood cancer mortality and proximity of homes to power distribution lines with what the researchers classified as *high current configuration*. The basic hypothesis that emerged from the original study was that the contribution to the ambient residential 50/60 Hz magnetic fields from external sources such as power lines could be linked to an increased risk of cancer in childhood.

To date there have been more than a dozen studies on childhood cancer and exposure to power-frequency magnetic fields in the home produced by nearby power lines. These studies estimated the magnetic field exposure from short term measurements or on the basis of distance between the home and power line and, in most cases, the configuration of the line; some studies also took the load of the line into account. The findings relating to leukemia are the most consistent. Out of 13 studies (Wertheimer and Leeper 1979; Fulton et al. 1980; Myers et al. 1985; Tomenius 1986; Savitz et al. 1988; Coleman et al. 1989; London et al. 1991; Feychting and Ahlbom 1993; Olsen et al. 1993; Verkasalo et al. 1993; Michaelis et al. 1997; Linet et al. 1997; Tynes and Haldorsen 1997), all but five reported relative risk estimates of between 1.5 and 3.0.

Both direct magnetic field measurements and estimates based on neighboring power lines are crude proxy measures for the exposure that took place at various times before cases of leukemia were diagnosed, and it is not clear which of the two methods provides the more valid estimate. Although results suggest that indeed the magnetic field may play a role in the association with leukemia risk, there is uncertainty because of small sample numbers and because of a correlation between the magnetic field and proximity to power lines (Feychting et al. 1996).

Little is known about the etiology of most types of childhood cancer, but several attempts to control for potential confounders such as socioeconomic status and air pollution from motor vehicle exhaust fumes have had little effect on results. Studies that have examined the use of electrical appliances (primarily electric blankets) in relation to cancer and other health problems have reported generally negative results (Preston-Martin et al. 1988; Verreault et al. 1990; Vena et al. 1991, 1994; Li et al. 1995). Only two case-control studies have evaluated use of appliances in relation to the risk of childhood leukemia. One was conducted in Denver (Savitz et al. 1990) and suggested a link with prenatal use of electric blankets; the other, carried out in Los Angeles (London

et al. 1991), found an association between leukemia and children using hair dryers and watching monochrome television.

The fact that results for leukemia based on proximity of homes to power lines are relatively consistent led the U.S. National Academy of Sciences Committee to conclude that children living near power lines appear to be at increased risk of leukemia (NAS 1996). Because of small numbers, confidence intervals in the individual studies are wide; when taken together, however, the results are consistent, with a pooled relative risk of 1.5 (NAS 1996). In contrast, short-term measurements of magnetic field in some of the studies provided no evidence of an association between exposure to 50/60 Hz fields and the risk of leukemia or any other form of cancer in children. The Committee was not convinced that this increase in risk was explained by exposure to magnetic fields, since there was no apparent association when exposure was estimated from magnetic field meter readings in the homes of both leukemia cases and controls. It was suggested that confounding by some unknown risk factor for childhood leukemia, associated with residence in the vicinity of power lines, might be the explanation, but no likely candidates were postulated.

After the NAS committee completed its review, the results of a study performed in Norway were reported (Tynes and Haldorsen 1997). This study included 500 cases of all types of childhood cancer. Each individual's exposure was estimated by calculation of the magnetic field level produced in the residence by nearby transmission lines, estimated by averaging over an entire year. No association between leukemia risk and magnetic fields for the residence at time of diagnosis was observed. Distance from the power line, exposure during the first year of life, mothers' exposure at time of conception, and exposure higher than the median level of the controls showed no association with leukemia, brain cancer, or lymphoma. However, the number of exposed cases was small.

Also, a study performed in Germany has been reported after the completion of the NAS review (Michaelis et al. 1997). This was a case-control study on childhood leukemia based on 129 cases and 328 controls. Exposure assessment comprised measurements of the magnetic field over 24 h in the child's bedroom at the residence where the child had been living for the longest period before the date of diagnosis. An elevated relative risk of 3.2 was observed for $>0.2 \mu\text{T}$.

A large U.S. case-control study (638 cases and 620 controls) to test whether childhood acute lymphoblastic leukemia is associated with exposure to 60-Hz magnetic fields was published by Linet et al. (1997). Magnetic field exposures were determined using 24-h time-weighted average measurements in the bedroom and 30-s measurements in various other rooms. Measurements were taken in homes in which the child had lived for 70% of the 5 y prior to the year of diagnosis, or the corresponding period for the controls. Wire-codes were assessed for residentially stable case-control pairs in

which both had not changed their residence during the years prior to diagnosis. The number of such pairs for which assessment could be made was 416. There was no indication of an association between wire-code category and leukemia. As for magnetic field measurements, the results are more intriguing. For the cut off point of $0.2 \mu\text{T}$ the unmatched and matched analyses gave relative risks of 1.2 and 1.5, respectively. For a cut off point of $0.3 \mu\text{T}$, the unmatched relative risk estimate is 1.7 based on 45 exposed cases. Thus, the measurement results are suggestive of a positive association between magnetic fields and leukemia risk. This study is a major contribution in terms of its size, the number of subjects in high exposure categories, timing of measurements relative to the occurrence of the leukemia (usually within 24 mo after diagnosis), other measures used to obtain exposure data, and quality of analysis allowing for multiple potential confounders. Potential weaknesses include the procedure for control selection, the participation rates, and the methods used for statistical analysis of the data. The instruments used for measurements took no account of transient fields or higher order harmonics. The size of this study is such that its results, combined with those of other studies, would significantly weaken (though not necessarily invalidate) the previously observed association with wire code results.

Over the years there also has been substantial interest in whether there is an association between magnetic field exposure and childhood brain cancer, the second most frequent type of cancer found in children. Three recent studies completed after the NAS Committee's review fail to provide support for an association between brain cancer and children's exposure to magnetic fields, whether the source was power lines or electric blankets, or whether magnetic fields were estimated by calculations or by wire codes (Guénel et al. 1996; Preston-Martin et al. 1996a, b; Tynes and Haldorsen 1997).

Data on cancer in adults and residential magnetic field exposure are sparse (NAS 1996). The few studies published to date (Wertheimer and Leeper 1979; McDowall 1985; Seversen et al. 1988; Coleman et al. 1989; Schreiber et al. 1993; Feychting and Ahlbom 1994; Li et al. 1996; Verkasalo 1996; Verkasalo et al. 1996) all suffer to some extent from small numbers of exposed cases, and no conclusions can be drawn.

It is the view of the ICNIRP that the results from the epidemiological research on EMF field exposure and cancer, including childhood leukemia, are not strong enough in the absence of support from experimental research to form a scientific basis for setting exposure guidelines. This assessment is also in agreement with recent reviews (NRPB 1992, 1994b; NAS 1996; CRP 1997).

Occupational studies. A large number of epidemiological studies have been carried out to assess possible links between exposure to ELF fields and cancer risk among workers in electrical occupations. The first study of this type (Milham 1982) took advantage of a death certificate database that included both job titles and

information on cancer mortality. As a crude method of assessing exposure, Milham classified job titles according to presumed magnetic field exposure and found an excess risk for leukemia among electrical workers. Subsequent studies (Savitz and Ahlbom 1994) made use of similar databases; the types of cancer for which elevated rates were noted varied across studies, particularly when cancer subtypes were characterized. Increased risks of various types of leukemia and nervous tissue tumors, and, in a few instances, of both male and female breast cancer, were reported (Demers et al. 1991; Matanoski et al. 1991; Tynes et al. 1992; Loomis et al. 1994). As well as producing somewhat inconsistent results, these studies suffered from very crude exposure assessment and from failure to control for confounding factors such as exposure to benzene solvent in the workplace.

Three recent studies have attempted to overcome some of the deficiencies in earlier work by measuring ELF field exposure at the workplace and by taking duration of work into consideration (Floderus et al. 1993; Thériault et al. 1994; Savitz and Loomis 1995). An elevated cancer risk among exposed individuals was observed, but the type of cancer of which this was true varied from study to study. Floderus et al. (1993) found a significant association with leukemia; an association was also noted by Thériault et al. (1994), but one that was weak and not significant, and no link was observed by Savitz and Loomis (1995). For subtypes of leukemia there was even greater inconsistency, but numbers in the analyses were small. For tumors of nervous tissue, Floderus et al. (1993) found an excess for glioblastoma (astrocytoma III–IV), while both Thériault et al. (1994) and Savitz and Loomis (1995) found only suggestive evidence for an increase in glioma (astrocytoma I–II). If there is truly a link between occupational exposure to magnetic fields and cancer, greater consistency and stronger associations would be expected of these recent studies based on more sophisticated exposure data.

Researchers have also investigated the possibility that ELF electric fields could be linked to cancer. The three utilities that participated in the Thériault et al. (1994) study of magnetic fields analyzed electric field data as well. Workers with leukemia at one of the utilities were reported to be more likely to have been exposed to electric fields than were control workers. In addition, the association was stronger in a group that had been exposed to high electric and magnetic fields combined (Miller et al. 1996). At the second utility, investigators reported no association between leukemia and higher cumulative exposure to workplace electric fields, but some of the analyses showed an association with brain cancer (Guénel et al. 1996). An association with colon cancer was also reported, yet in other studies of large populations of electric utility workers this type of cancer has not been found. At the third utility, no association between high electric fields and brain cancer or leukemia was observed, but this study was smaller and less likely to have detected small changes, if present (Baris et al. 1996).

An association between Alzheimer's disease and occupational exposure to magnetic fields has recently been suggested (Sobel and Davanipour 1996). However, this effect has not been confirmed.

Laboratory studies. The following paragraphs provide a summary and critical evaluation of laboratory studies on the biological effects of electric and magnetic fields with frequencies below 100 kHz. There are separate discussions on results obtained in studies of volunteers exposed under controlled conditions and in laboratory studies on cellular, tissue, and animal systems.

Volunteer studies. Exposure to a time-varying electric field can result in perception of the field as a result of the alternating electric charge induced on the body surface, which causes the body hairs to vibrate. Several studies have shown that the majority of people can perceive 50/60 Hz electric fields stronger than 20 kV m^{-1} , and that a small minority can perceive fields below 5 kV m^{-1} (UNEP/WHO/IRPA 1984; Tenforde 1991).

Small changes in cardiac function occurred in human volunteers exposed to combined 60-Hz electric and magnetic fields (9 kV m^{-1} , $20 \text{ }\mu\text{T}$) (Cook et al. 1992; Graham et al. 1994). Resting heart rate was slightly, but significantly, reduced (by 3–5 beats per minute) during or immediately after exposure. This response was absent on exposure to stronger (12 kV m^{-1} , $30 \text{ }\mu\text{T}$) or weaker (6 kV m^{-1} , $10 \text{ }\mu\text{T}$) fields and reduced if the subject was mentally alert. None of the subjects in these studies was able to detect the presence of the fields, and there were no other consistent results in a wide battery of sensory and perceptual tests.

No adverse physiological or psychological effects were observed in laboratory studies of people exposed to 50-Hz fields in the range 2–5 mT (Sander et al. 1982; Ruppe et al. 1995). There were no observed changes in blood chemistry, blood cell counts, blood gases, lactate levels, electrocardiogram, electroencephalogram, skin temperature, or circulating hormone levels in studies by Sander et al. (1982) and Graham et al. (1994). Recent studies on volunteers have also failed to show any effect of exposure to 60-Hz magnetic fields on the nocturnal melatonin level in blood (Graham et al. 1996, 1997; Selmaoui et al. 1996).

Sufficiently intense ELF magnetic fields can elicit peripheral nerve and muscle tissue stimulation directly, and short magnetic field pulses have been used clinically to stimulate nerves in the limbs in order to check the integrity of neural pathways. Peripheral nerve and muscle stimulation has also been reported in volunteers exposed to 1-kHz gradient magnetic fields in experimental magnetic resonance imaging systems. Threshold magnetic flux densities were several millitesla, and corresponding induced current densities in the peripheral tissues were about 1 A m^{-2} from pulsed fields produced by rapidly switched gradients. Time-varying magnetic fields that induce current densities above 1 A m^{-2} in

tissue lead to neural excitation and are capable of producing irreversible biological effects such as cardiac fibrillation (Tenforde and Kaune 1987; Reilly 1989). In a study involving electromyographic recordings from the human arm (Polson et al. 1982), it was found that a pulsed field with dB/dt greater than 10^4 T s^{-1} was needed to stimulate the median nerve trunk. The duration of the magnetic stimulus has also been found to be an important parameter in stimulation of excitable tissues.

Thresholds lower than 100 mA m^{-2} can be derived from studies of visual and mental functions in human volunteers. Changes in response latency for complex reasoning tests have been reported in volunteers subjected to weak power-frequency electric currents passed through electrodes attached to the head and shoulders; current densities were estimated to lie between 10 and 40 mA m^{-2} (Stollery 1986, 1987). Finally, many studies have reported that volunteers experienced faint flickering visual sensations, known as magnetic phosphenes, during exposure to ELF magnetic fields above 3–5 mT (Silny 1986). These visual effects can also be induced by the direct application of weak electric currents to the head. At 20 Hz, current densities of about 10 mA m^{-2} in the retina have been estimated as the threshold for induction of phosphenes, which is above the typical endogenous current densities in electrically excitable tissues. Higher thresholds have been observed for both lower and higher frequencies (Lövsund et al. 1980; Tenforde 1990).

Studies have been conducted at 50 Hz on visually evoked potentials that exhibited thresholds for effects at flux densities of 60 mT (Silny 1986). Consistent with this result, no effects on visually evoked potentials were obtained by either Sander et al. (1982), using a 50-Hz, 5-mT field, or Graham et al. (1994), using combined 60-Hz electric and magnetic fields up to 12 kV m^{-1} and $30 \text{ } \mu\text{T}$, respectively.

Cellular and animal studies. Despite the large number of studies undertaken to detect biological effects of ELF electric and magnetic fields, few systematic studies have defined the threshold field characteristics that produce significant perturbations of biological functions. It is well established that induced electric current can stimulate nerve and muscle tissue directly once the induced current density exceeds threshold values (UNEP/WHO/IRPA 1987; Bernhardt 1992; Tenforde 1996). Current densities that are unable to stimulate excitable tissues directly may nevertheless affect ongoing electrical activity and influence neuronal excitability. The activity of the central nervous system is known to be sensitive to the endogenous electric fields generated by the action of adjacent nerve cells, at levels below those required for direct stimulation.

Many studies have suggested that the transduction of weak electrical signals in the ELF range involves interactions with the cell membrane, leading to cytoplasmic biochemical responses that in turn involve changes in cellular functional and proliferative states. From sim-

ple models of the behavior of single cells in weak fields it has been calculated that an electrical signal in the extracellular field must be greater than approximately $10\text{--}100 \text{ mV m}^{-1}$ (corresponding to an induced current density of about $2\text{--}20 \text{ mA m}^{-2}$) in order to exceed the level of endogenous physical and biological noise in cellular membranes (Astumian et al. 1995). Existing evidence also suggests that several structural and functional properties of membranes may be altered in response to induced ELF fields at or below 100 mV m^{-1} (Sienkiewicz et al. 1991; Tenforde 1993). Neuroendocrine alterations (e.g., suppression of nocturnal melatonin synthesis) have been reported in response to induced electrical fields of 10 mV m^{-1} or less, corresponding to induced current densities of approximately 2 mA m^{-2} or less (Tenforde 1991, 1996). However, there is no clear evidence that these biological interactions of low-frequency fields lead to adverse health effects.

Induced electric fields and currents at levels exceeding those of endogenous bioelectric signals present in tissue have been shown to cause a number of physiological effects that increase in severity as the induced current density is increased (Bernhardt 1979; Tenforde 1996). In the current density range $10\text{--}100 \text{ mA m}^{-2}$, tissue effects and changes in brain cognitive functions have been reported (NRPB 1992; NAS 1996). When induced current density exceeds 100 to several hundred mA m^{-2} for frequencies between about 10 Hz and 1 kHz, thresholds for neuronal and neuromuscular stimulation are exceeded. The threshold current densities increase progressively at frequencies below several hertz and above 1 kHz. Finally, at extremely high current densities, exceeding 1 A m^{-2} , severe and potentially life-threatening effects such as cardiac extrasystoles, ventricular fibrillation, muscular tetanus, and respiratory failure may occur. The severity and the probability of irreversibility of tissue effects becomes greater with chronic exposure to induced current densities above the level 10 to 100 mA m^{-2} . It therefore seems appropriate to limit human exposure to fields that induce current densities no greater than 10 mA m^{-2} in the head, neck, and trunk at frequencies of a few hertz up to 1 kHz.

It has been postulated that oscillatory magnetomechanical forces and torques on biogenic magnetite particles in brain tissue could provide a mechanism for the transduction of signals from ELF magnetic fields. Kirschvink et al. (1992b) proposed a model in which ELF magnetic forces on magnetite particles are visualized as producing the opening and closing of pressure-sensitive ion channels in membranes. However, one difficulty with this model is the sparsity of magnetite particles relative to the number of cells in brain tissue. For example, human brain tissue has been reported to contain a few million magnetite particles per gram, distributed in 10^5 discrete clusters of 5–10 particles (Kirschvink et al. 1992a). The number of cells in brain tissue thus exceeds the number of magnetite particles by a factor of about 100, and it is difficult to envisage how oscillating magnetomechanical interactions of an ELF

field with magnetite crystals could affect a significant number of pressure-sensitive ion channels in the brain. Further studies are clearly needed to reveal the biological role of magnetite and the possible mechanisms through which this mineral could play a role in the transduction of ELF magnetic signals.

An important issue in assessing the effects of electromagnetic fields is the possibility of teratogenic and developmental effects. On the basis of published scientific evidence, it is unlikely that low-frequency fields have adverse effects on the embryonic and postnatal development of mammalian species (Chernoff et al. 1992; Brent et al. 1993; Tenforde 1996). Moreover, currently available evidence indicates that somatic mutations and genetic effects are unlikely to result from exposure to electric and magnetic fields with frequencies below 100 kHz (Cridland 1993; Sienkiewicz et al. 1993).

There are numerous reports in the literature on the *in-vitro* effects of ELF fields on cell membrane properties (ion transport and interaction of mitogens with cell surface receptors) and changes in cellular functions and growth properties (e.g., increased proliferation and alterations in metabolism, gene expression, protein biosynthesis, and enzyme activities) (Cridland 1993; Sienkiewicz et al. 1993; Tenforde 1991, 1992, 1993, 1996). Considerable attention has focused on low-frequency field effects on Ca^{++} transport across cell membranes and the intracellular concentration of this ion (Walleczek and Liburdy 1990; Liburdy 1992; Walleczek 1992), messenger RNA and protein synthesis patterns (Goodman et al. 1983; Goodman and Henderson 1988, 1991; Greene et al. 1991; Phillips et al. 1992), and the activity of enzymes such as ornithine decarboxylase (ODC) that are related to cell proliferation and tumor promotion (Byus et al. 1987, 1988; Litovitz et al. 1991, 1993). However, before these observations can be used for defining exposure limits, it is essential to establish both their reproducibility and their relevance to cancer or other adverse health outcomes. This point is underscored by the fact that there have been difficulties in replicating some of the key observations of field effects on gene expression and protein synthesis (Lacy-Hulbert et al. 1995; Saffer and Thurston 1995). The authors of these replication studies identified several deficiencies in the earlier studies, including poor temperature control, lack of appropriate internal control samples, and the use of low-resolution techniques for analyzing the production of messenger RNA transcripts. The transient increase in ODC activity reported in response to field exposure is small in magnitude and not associated with *de novo* synthesis of the enzyme (unlike chemical tumor promoters such as phorbol esters) (Byus et al. 1988). Studies on ODC have mostly involved cellular preparations; more studies are needed to show whether there are effects on ODC *in vivo*, although there is one report suggesting effects on ODC in a rat mammary tumor promotion assay (Mevisen et al. 1995).

There is no evidence that ELF fields alter the structure of DNA and chromatin, and no resultant muta-

tional and neoplastic transformation effects are expected. This is supported by results of laboratory studies designed to detect DNA and chromosomal damage, mutational events, and increased transformation frequency in response to ELF field exposure (NRPB 1992; Murphy et al. 1993; McCann et al. 1993; Tenforde 1996). The lack of effects on chromosome structure suggests that ELF fields, if they have any effect on the process of carcinogenesis, are more likely to act as promoters than initiators, enhancing the proliferation of genetically altered cells rather than causing the initial lesion in DNA or chromatin. An influence on tumor development could be mediated through epigenetic effects of these fields, such as alterations in cell signalling pathways or gene expression. The focus of recent studies has therefore been on detecting possible effects of ELF fields on the promotion and progression phases of tumor development following initiation by a chemical carcinogen.

Studies on *in-vitro* tumor cell growth and the development of transplanted tumors in rodents have provided no strong evidence for possible carcinogenic effects of exposure to ELF fields (Tenforde 1996). Several studies of more direct relevance to human cancer have involved *in-vivo* tests for tumor-promoting activity of ELF magnetic fields on skin, liver, brain, and mammary tumors in rodents. Three studies of skin tumor promotion (McLean et al. 1991; Rannug et al. 1993a, 1994) failed to show any effect of either continuous or intermittent exposure to power-frequency magnetic fields in promoting chemically induced tumors. At a 60-Hz field strength of 2 mT, a co-promoting effect with a phorbol ester was reported for mouse skin tumor development in the initial stages of the experiment, but the statistical significance of this was lost by completion of the study in week 23 (Stuchly et al. 1992). Previous studies by the same investigators had shown that 60-Hz, 2-mT field exposure did not promote the growth of DMBA-initiated skin cells (McLean et al. 1991).

Experiments on the development of transformed liver foci initiated by a chemical carcinogen and promoted by phorbol ester in partially hepatectomized rats revealed no promotion or co-promotion effect of exposure to 50-Hz fields ranging in strength from 0.5 to 50 μ T (Rannug et al. 1993b, c).

Studies on mammary cancer development in rodents treated with a chemical initiator have suggested a cancer-promoting effect of exposure to power-frequency magnetic fields in the range 0.01–30 mT (Beniashvili et al. 1991; Löscher et al. 1993; Mevisen et al. 1993, 1995; Baum et al. 1995; Löscher and Mevisen 1995). These observations of increased tumor incidence in rats exposed to magnetic fields have been hypothesized to be related to field-induced suppression of pineal melatonin and a resulting elevation in steroid hormone levels and breast cancer risk (Stevens 1987; Stevens et al. 1992). However, replication efforts by independent laboratories are needed before conclusions can be drawn regarding the implications of these findings for a promoting effect of ELF magnetic fields on mammary tumors. It should

also be noted that recent studies have found no evidence for a significant effect of exposure to ELF magnetic fields on melatonin levels in humans (Graham et al. 1996, 1997; Selmaoui et al. 1996).

Indirect effects of electric and magnetic fields

Indirect effects of electromagnetic fields may result from physical contact (e.g., touching or brushing against) between a person and an object, such as a metallic structure in the field, at a different electric potential. The result of such contact is the flow of electric charge (contact current) that may have accumulated on the object or on the body of the person. In the frequency range up to approximately 100 kHz, the flow of electric current from an object in the field to the body of the individual may result in the stimulation of muscles and/or peripheral nerves. With increasing levels of current this may be manifested as perception, pain from electric shock and/or burn, inability to release the object, difficulty in breathing and, at very high currents, cardiac ventricular fibrillation (Tenforde and Kaune 1987). Threshold values for these effects are frequency-dependent, with the lowest threshold occurring at frequencies between 10 and 100 Hz. Thresholds for peripheral nerve responses remain low for frequencies up to several kHz. Appropriate engineering and/or administrative controls, and even the wearing of personal protective clothing, can prevent these problems from occurring.

Spark discharges can occur when an individual comes into very close proximity with an object at a different electric potential, without actually touching it (Tenforde and Kaune 1987; UNEP/WHO/IRPA 1993). When a group of volunteers, who were electrically insulated from the ground, each held a finger tip close to a grounded object, the threshold for perception of spark discharges was as low as 0.6–1.5 kV m⁻¹ in 10% of cases. The threshold field level reported as causing annoyance under these exposure conditions is about 2.0–3.5 kV m⁻¹. Large contact currents can result in muscle contraction. In male volunteers, the 50th percentile threshold for being unable to release a charged conductor has been reported as 9 mA at 50/60 Hz, 16 mA at 1 kHz, about 50 mA at 10 kHz, and about 130 mA at 100 kHz (UNEP/WHO/IRPA 1993).

The threshold currents for various indirect effects of fields with frequencies up to 100 kHz are summarized in Table 2 (UNEP/WHO/IRPA 1993).

Summary of biological effects and epidemiological studies (up to 100 kHz)

With the possible exception of mammary tumors, there is little evidence from laboratory studies that power-frequency magnetic fields have a tumor-promoting effect. Although further animal studies are needed to clarify the possible effects of ELF fields on signals produced in cells and on endocrine regulation—both of which could influence the development of tumors by promoting the proliferation of initiated cells—it can only be concluded that there is currently no convincing evidence for carcinogenic effects of these fields and that these data cannot be used as a basis for developing exposure guidelines.

Laboratory studies on cellular and animal systems have found no established effects of low-frequency fields that are indicative of adverse health effects when induced current density is at or below 10 mA m⁻². At higher levels of induced current density (10–100 mA m⁻²), more significant tissue effects have been consistently observed, such as functional changes in the nervous system and other tissue effects (Tenforde 1996).

Data on cancer risk associated with exposure to ELF fields among individuals living close to power lines are apparently consistent in indicating a slightly higher risk of leukemia among children, although more recent studies question the previously observed weak association. The studies do not, however, indicate a similarly elevated risk of any other type of childhood cancer or of any form of adult cancer. The basis for the hypothetical link between childhood leukemia and residence in close proximity to power lines is unknown; if the link is not related to the ELF electric and magnetic fields generated by the power lines, then unknown risk factors for leukemia would have to be linked to power lines in some undetermined manner. In the absence of support from laboratory studies, the epidemiological data are insufficient to allow an exposure guideline to be established.

There have been reports of an increased risk of certain types of cancer, such as leukemia, nervous tissue tumors, and, to a limited extent, breast cancer, among electrical workers. In most studies, job titles were used to classify subjects according to presumed levels of magnetic field exposure. A few more recent studies, however, have used more sophisticated methods of exposure assessment; overall, these studies suggested an increased risk of leukemia or brain tumors but were largely inconsistent with regard to the type of cancer for which risk is increased. The data are insufficient to provide a basis for ELF field exposure guidelines. In a large number of epidemiological studies, no consistent evidence of adverse reproductive effects have been provided.

Measurement of biological responses in laboratory studies and in volunteers has provided little indication of adverse effects of low-frequency fields at levels to which people are commonly exposed. A threshold current density of 10 mA m⁻² at frequencies up to 1 kHz has been estimated for minor effects on nervous system functions. Among volunteers, the most consistent effects

Table 2. Ranges of threshold currents for indirect effects, including children, women, and men.

Indirect effect	Threshold current (mA) at frequency:		
	50/60 Hz	1 kHz	100 kHz
Touch perception	0.2–0.4	0.4–0.8	25–40
Pain on finger contact	0.9–1.8	1.6–3.3	33–55
Painful shock/let-go threshold	8–16	12–24	112–224
Severe shock/breathing difficulty	12–23	21–41	160–320

of exposure are the appearance of visual phosphores and a minor reduction in heart rate during or immediately after exposure to ELF fields, but there is no evidence that these transient effects are associated with any long-term health risk. A reduction in nocturnal pineal melatonin synthesis has been observed in several rodent species following exposure to weak ELF electric and magnetic fields, but no consistent effect has been reported in humans exposed to ELF fields under controlled conditions. Studies involving exposures to 60-Hz magnetic fields up to 20 μ T have not reported reliable effects on melatonin levels in blood.

BIOLOGICAL BASIS FOR LIMITING EXPOSURE (100 kHz–300 GHz)

The following paragraphs provide a general review of relevant literature on the biological effects and potential health effects of electromagnetic fields with frequencies of 100 kHz to 300 GHz. More detailed reviews can be found elsewhere (NRPB 1991; UNEP/WHO/IRPA 1993; McKinlay et al. 1996; Polk and Postow 1996; Repacholi 1998).

Direct effects of electromagnetic fields

Epidemiological studies. Only a limited number of studies have been carried out on reproductive effects and cancer risk in individuals exposed to microwave radiation. A summary of the literature was published by UNEP/WHO/IRPA (1993).

Reproductive outcomes. Two extensive studies on women treated with microwave diathermy to relieve the pain of uterine contractions during labor found no evidence for adverse effects on the fetus (Daels 1973, 1976). However, seven studies on pregnancy outcomes among workers occupationally exposed to microwave radiation and on birth defects among their offspring produced both positive and negative results. In some of the larger epidemiological studies of female plastic welders and physiotherapists working with shortwave diathermy devices, there were no statistically significant effects on rates of abortion or fetal malformation (Källén et al. 1982). By contrast, other studies on similar populations of female workers found an increased risk of miscarriage and birth defects (Larsen et al. 1991; Ouellet-Hellstrom and Stewart 1993). A study of male radar workers found no association between microwave exposure and the risk of Down's syndrome in their offspring (Cohen et al. 1977).

Overall, the studies on reproductive outcomes and microwave exposure suffer from very poor assessment of exposure and, in many cases, small numbers of subjects. Despite the generally negative results of these studies, it will be difficult to draw firm conclusions on reproductive risk without further epidemiological data on highly exposed individuals and more precise exposure assessment.

Cancer studies. Studies on cancer risk and microwave exposure are few and generally lack quantitative exposure assessment. Two epidemiological studies of radar workers in the aircraft industry and in the U.S. armed forces found no evidence of increased morbidity or mortality from any cause (Barron and Baraff 1958; Robinette et al. 1980; UNEP/WHO/IRPA 1993). Similar results were obtained by Lillienfeld et al. (1978) in a study of employees in the U.S. embassy in Moscow, who were chronically exposed to low-level microwave radiation. Selvin et al. (1992) reported no increase in cancer risk among children chronically exposed to radiation from a large microwave transmitter near their homes. More recent studies have failed to show significant increases in nervous tissue tumors among workers and military personnel exposed to microwave fields (Beall et al. 1996; Grayson 1996). Moreover, no excess total mortality was apparent among users of mobile telephones (Rothman et al. 1996a, b), but it is still too early to observe an effect on cancer incidence or mortality.

There has been a report of increased cancer risk among military personnel (Szmigielski et al. 1988), but the results of the study are difficult to interpret because neither the size of the population nor the exposure levels are clearly stated. In a later study, Szmigielski (1996) found increased rates of leukemia and lymphoma among military personnel exposed to EMF fields, but the assessment of EMF exposure was not well defined. A few recent studies of populations living near EMF transmitters have suggested a local increase in leukemia incidence (Hocking et al. 1996; Dolk et al. 1997a, b), but the results are inconclusive. Overall, the results of the small number of epidemiological studies published provide only limited information on cancer risk.

Laboratory studies. The following paragraphs provide a summary and critical evaluation of laboratory studies on the biological effects of electromagnetic fields with frequencies in the range 100 kHz–300 GHz. There are separate discussions on results of studies of volunteers exposed under controlled conditions and of laboratory studies on cellular, tissue, and animal systems.

Volunteer studies. Studies by Chatterjee et al. (1986) demonstrated that, as the frequency increases from approximately 100 kHz to 10 MHz, the dominant effect of exposure to a high-intensity electromagnetic field changes from nerve and muscle stimulation to heating. At 100 kHz the primary sensation was one of nerve tingling, while at 10 MHz it was one of warmth on the skin. In this frequency range, therefore, basic health protection criteria should be such as to avoid stimulation of excitable tissues and heating effects. At frequencies from 10 MHz to 300 GHz, heating is the major effect of absorption of electromagnetic energy, and temperature rises of more than 1–2 °C can have adverse health effects such as heat exhaustion and heat stroke (ACGIH 1996). Studies on workers in thermally stressful environments have shown worsening performance of simple tasks as

body temperature rises to a level approaching physiological heat stress (Ramsey and Kwon 1988).

A sensation of warmth has been reported by volunteers experiencing high-frequency current of about 100–200 mA through a limb. The resulting SAR value is unlikely to produce a localized temperature increment of more than 1°C in the limbs (Chatterjee et al. 1986; Chen and Gandhi 1988; Hoque and Gandhi 1988), which has been suggested as the upper limit of temperature increase that has no detrimental health effects (UNEP/WHO/IRPA 1993). Data on volunteers reported by Gandhi et al. (1986) for frequencies up to 50 MHz and by Tofani et al. (1995) for frequencies up to 110 MHz (the upper limit of the FM broadcast band) support a reference level for limb current of 100 mA to avoid excessive heating effects (Dimbylow 1997).

There have been several studies of thermoregulatory responses of resting volunteers exposed to EMF in magnetic resonance imaging systems (Shellock and Crues 1987; Magin et al. 1992). In general, these have demonstrated that exposure for up to 30 min, under conditions in which whole-body SAR was less than 4 W kg^{-1} , caused an increase in the body core temperature of less than 1°C.

Cellular and animal studies. There are numerous reports on the behavioral and physiological responses of laboratory animals, including rodents, dogs, and non-human primates, to thermal interactions of EMF at frequencies above 10 MHz. Thermosensitivity and thermoregulatory responses are associated both with the hypothalamus and with thermal receptors located in the skin and in internal parts of the body. Afferent signals reflecting temperature change converge in the central nervous system and modify the activity of the major neuroendocrine control systems, triggering the physiological and behavioral responses necessary for the maintenance of homeostasis.

Exposure of laboratory animals to EMF producing absorption in excess of approximately 4 W kg^{-1} has revealed a characteristic pattern of thermoregulatory response in which body temperature initially rises and then stabilizes following the activation of thermoregulatory mechanisms (Michaelson 1983). The early phase of this response is accompanied by an increase in blood volume due to movement of fluid from the extracellular space into the circulation and by increases in heart rate and intraventricular blood pressure. These cardiodynamic changes reflect thermoregulatory responses that facilitate the conduction of heat to the body surface. Prolonged exposure of animals to levels of microwave radiation that raise the body temperature ultimately lead to failure of these thermoregulatory mechanisms.

Several studies with rodents and monkeys have also demonstrated a behavioral component of thermoregulatory responses. Decreased task performance by rats and monkeys has been observed at SAR values in the range $1\text{--}3 \text{ W kg}^{-1}$ (Stern et al. 1979; Adair and Adams 1980; de Lorge and Ezell 1980; D'Andrea et al. 1986). In

monkeys, altered thermoregulatory behavior starts when the temperature in the hypothalamic region rises by as little as $0.2\text{--}0.3^\circ\text{C}$ (Adair et al. 1984). The hypothalamus is considered to be the control center for normal thermoregulatory processes, and its activity can be modified by a small local temperature increase under conditions in which rectal temperature remains constant.

At levels of absorbed electromagnetic energy that cause body temperature rises in excess of $1\text{--}2^\circ\text{C}$, a large number of physiological effects have been characterized in studies with cellular and animal systems (Michaelson and Elson 1996). These effects include alterations in neural and neuromuscular functions; increased blood-brain barrier permeability; ocular impairment (lens opacities and corneal abnormalities); stress-associated changes in the immune system; hematological changes; reproductive changes (e.g., reduced sperm production); teratogenicity; and changes in cell morphology, water and electrolyte content, and membrane functions.

Under conditions of partial-body exposure to intense EMF, significant thermal damage can occur in sensitive tissues such as the eye and the testis. Microwave exposure of 2–3 h duration has produced cataracts in rabbits' eyes at SAR values from $100\text{--}140 \text{ W kg}^{-1}$, which produced lenticular temperatures of $41\text{--}43^\circ\text{C}$ (Guy et al. 1975). No cataracts were observed in monkeys exposed to microwave fields of similar or higher intensities, possibly because of different energy absorption patterns in the eyes of monkeys from those in rabbits. At very high frequencies ($10\text{--}300 \text{ GHz}$), absorption of electromagnetic energy is confined largely to the epidermal layers of the skin, subcutaneous tissues, and the outer part of the eye. At the higher end of the frequency range, absorption is increasingly superficial. Ocular damage at these frequencies can be avoided if the microwave power density is less than 50 W m^{-2} (Slaney and Wolbarsht 1980; UNEP/WHO/IRPA 1993).

There has been considerable recent interest in the possible carcinogenic effects of exposure to microwave fields with frequencies in the range of widely used communications systems, including hand-held mobile telephones and base transmitters. Research findings in this area have been summarized by ICNIRP (1996). Briefly, there are many reports suggesting that microwave fields are not mutagenic, and exposure to these fields is therefore unlikely to initiate carcinogenesis (NRPB 1992; Cridland 1993; UNEP/WHO/IRPA 1993). By contrast, some recent reports suggest that exposure of rodents to microwave fields at SAR levels of the order of 1 W kg^{-1} may produce strand breaks in the DNA of testis and brain tissues (Sarkar et al. 1994; Lai and Singh 1995, 1996), although both ICNIRP (1996) and Williams (1996) pointed out methodological deficiencies that could have significantly influenced these results.

In a large study of rats exposed to microwaves for up to 25 mo, an excess of primary malignancies was noted in exposed rats relative to controls (Chou et al. 1992). However, the incidence of benign tumors did not differ between the groups, and no specific type of tumor

was more prevalent in the exposed group than in stock rats of the same strain maintained under similar specific-pathogen-free conditions. Taken as a whole, the results of this study cannot be interpreted as indicating a tumor-initiating effect of microwave fields.

Several studies have examined the effects of microwave exposure on the development of pre-initiated tumor cells. Szmigielski et al. (1982) noted an enhanced growth rate of transplanted lung sarcoma cells in rats exposed to microwaves at high power densities. It is possible that this resulted from a weakening of the host immune defense in response to thermal stress from the microwave exposure. Recent studies using athermal levels of microwave irradiation have found no effects on the development of melanoma in mice or of brain glioma in rats (Santini et al. 1988; Salford et al. 1993).

Repacholi et al. (1997) have reported that exposure of 100 female, *Eμ-pim1* transgenic mice to 900-MHz fields, pulsed at 217 Hz with pulse widths of 0.6 μ s for up to 18 mo, produced a doubling in lymphoma incidence compared with 101 controls. Because the mice were free to roam in their cages, the variation in SAR was wide (0.01–4.2 W kg^{-1}). Given that the resting metabolic rate of these mice is 7–15 W kg^{-1} , only the upper end of the exposure range may have produced some slight heating. Thus, it appears that this study suggests a non-thermal mechanism may be acting, which needs to be investigated further. However, before any assumptions can be made about health risk, a number of questions need to be addressed. The study needs to be replicated, restraining the animals to decrease the SAR exposure variation and to determine whether there is a dose response. Further study is needed to determine whether the results can be found in other animal models in order to be able to generalize the results to humans. It is also essential to assess whether results found in transgenic animals are applicable to humans.

Special considerations for pulsed and amplitude-modulated waveforms

Compared with continuous-wave (CW) radiation, pulsed microwave fields with the same average rate of energy deposition in tissues are generally more effective in producing a biological response, especially when there is a well-defined threshold that must be exceeded to elicit the effect (ICNIRP 1996). The "microwave hearing" effect is a well known example of this (Frey 1961; Frey and Messenger 1973; Lin 1978): people with normal hearing can perceive pulse-modulated fields with frequencies between about 200 MHz and 6.5 GHz. The auditory sensation has been variously described as a buzzing, clicking, or popping sound, depending on the modulation characteristics of the field. The microwave hearing effects have been attributed to a thermoelastic interaction in the auditory cortex of the brain, with a threshold for perception of about 100–400 mJ m^{-2} for pulses of duration less than 30 μ s at 2.45 GHz (corresponding to an SA of 4–16 mJ kg^{-1}). Repeated or prolonged exposure to microwave auditory effects may be stressful and potentially harmful.

Some reports suggest that retina, iris, and corneal endothelium of the primate eye are sensitive to low levels of pulsed microwave radiation (Kues et al. 1985; UNEP/WHO/IRPA 1993). Degenerative changes in light-sensitive cells of the retina were reported for absorbed energy levels as low as 26 mJ kg^{-1} . After administration of timolol maleate, which is used in the treatment of glaucoma, the threshold for retinal damage by pulsed fields dropped to 2.6 mJ kg^{-1} . However, an attempt in an independent laboratory to partially replicate these findings for CW fields (i.e., not pulsed) was unsuccessful (Kamimura et al. 1994), and it is therefore impossible at present to assess the potential health implications of the initial findings of Kues et al. (1985).

Exposure to intense pulsed microwave fields has been reported to suppress the startle response in conscious mice and to evoke body movements (NRPB 1991; Sienkiewicz et al. 1993; UNEP/WHO/IRPA 1993). The threshold specific energy absorption level at midbrain that evoked body movements was 200 J kg^{-1} for 10 μ s pulses. The mechanism for these effects of pulsed microwaves remains to be determined but is believed to be related to the microwave hearing phenomenon. The auditory thresholds for rodents are about an order of magnitude lower than for humans, that is 1–2 mJ kg^{-1} for pulses <30 μ s in duration. Pulses of this magnitude have also been reported to affect neurotransmitter metabolism and the concentration of the neural receptors involved in stress and anxiety responses in different regions of the rat brain.

The issue of athermal interactions of high-frequency EMF has centered largely on reports of biological effects of amplitude modulated (AM) fields under *in-vitro* conditions at SAR values well below those that produce measurable tissue heating. Initial studies in two independent laboratories led to reports that VHF fields with amplitude modulation at extremely low frequencies (6–20 Hz) produced a small, but statistically significant, release of Ca^{++} from the surfaces of chick brain cells (Bawin et al. 1975; Blackman et al. 1979). A subsequent attempt to replicate these findings, using the same type of AM field, was unsuccessful (Albert et al. 1987). A number of other studies of the effects of AM fields on Ca^{++} homeostasis have produced both positive and negative results. For example, effects of AM fields on Ca^{++} binding to cell surfaces have been observed with neuroblastoma cells, pancreatic cells, cardiac tissue, and cat brain cells, but not with cultured rat nerve cells, chick skeletal muscle, or rat brain cells (Postow and Swicord 1996).

Amplitude-modulated fields have also been reported to alter brain electrical activity (Bawin et al. 1974), inhibit T-lymphocyte cytotoxic activity (Lyle et al. 1983), decrease the activities of non-cyclic-AMP-dependent kinase in lymphocytes (Byus et al. 1984), and cause a transient increase in the cytoplasmic activity of ornithine decarboxylase, an essential enzyme for cell proliferation (Byus et al. 1988; Litovitz et al. 1992). In contrast, no effects have been observed on a wide variety

of other cellular systems and functional end-points, including lymphocyte capping, neoplastic cell transformation, and various membrane electrical and enzymatic properties (Postow and Swicord 1996). Of particular relevance to the potential carcinogenic effects of pulsed fields is the observation by Balcer-Kubiczek and Harrison (1991) that neoplastic transformation was accelerated in C3H/10T1/2 cells exposed to 2,450-MHz microwaves that were pulse-modulated at 120 Hz. The effect was dependent on field strength but occurred only when a chemical tumor-promoter, TPA, was present in the cell culture medium. This finding suggests that pulsed microwaves may exert co-carcinogenic effects in combination with a chemical agent that increases the rate of proliferation of transformed cells. To date, there have been no attempts to replicate this finding, and its implication for human health effects is unclear.

Interpretation of several observed biological effects of AM electromagnetic fields is further complicated by the apparent existence of "windows" of response in both the power density and frequency domains. There are no accepted models that adequately explain this phenomenon, which challenges the traditional concept of a monotonic relationship between the field intensity and the severity of the resulting biological effects.

Overall, the literature on athermal effects of AM electromagnetic fields is so complex, the validity of reported effects so poorly established, and the relevance of the effects to human health is so uncertain, that it is impossible to use this body of information as a basis for setting limits on human exposure to these fields.

Indirect effects of electromagnetic fields

In the frequency range of about 100 kHz–110 MHz, shocks and burns can result either from an individual touching an ungrounded metal object that has acquired a charge in a field or from contact between a charged individual and a grounded metal object. It should be noted that the upper frequency for contact current (110 MHz) is imposed by a lack of data on higher frequencies rather than by the absence of effects. However, 110 MHz is the upper frequency limit of the FM broadcast band. Threshold currents that result in biological effects ranging in severity from perception to pain have been measured in controlled experiments on volunteers (Chatterjee et al. 1986; Tenforde and Kaune 1987; Bernhardt 1988); these are summarized in Table 3. In general, it has been shown that the threshold currents that produce perception and pain vary little over the frequency range 100 kHz–1 MHz and are unlikely to vary significantly over the frequency range up to about 110 MHz. As noted earlier for lower frequencies, significant variations between the sensitivities of men, women, and children also exist for higher frequency fields. The data in Table 3 represent the range of 50th percentile values for people of different sizes and different levels of sensitivity to contact currents.

Table 3. Ranges of threshold currents for indirect effects, including children, women, and men.

Indirect effect	Threshold current (mA) at frequency:	
	100 kHz	1 MHz
Touch perception	25–40	25–40
Pain on finger contact	33–55	28–50
Painful shock/let-go threshold	112–224	Not determined
Severe shock/breathing difficulty	160–320	Not determined

Summary of biological effects and epidemiological studies (100 kHz–300 GHz)

Available experimental evidence indicates that the exposure of resting humans for approximately 30 min to EMF producing a whole-body SAR of between 1 and 4 W kg⁻¹ results in a body temperature increase of less than 1 °C. Animal data indicate a threshold for behavioral responses in the same SAR range. Exposure to more intense fields, producing SAR values in excess of 4 W kg⁻¹, can overwhelm the thermoregulatory capacity of the body and produce harmful levels of tissue heating. Many laboratory studies with rodent and non-human primate models have demonstrated the broad range of tissue damage resulting from either partial-body or whole-body heating producing temperature rises in excess of 1–2°C. The sensitivity of various types of tissue to thermal damage varies widely, but the threshold for irreversible effects in even the most sensitive tissues is greater than 4 W kg⁻¹ under normal environmental conditions. These data form the basis for an occupational exposure restriction of 0.4 W kg⁻¹, which provides a large margin of safety for other limiting conditions such as high ambient temperature, humidity, or level of physical activity.

Both laboratory data and the results of limited human studies (Michaelson and Elson 1996) make it clear that thermally stressful environments and the use of drugs or alcohol can compromise the thermoregulatory capacity of the body. Under these conditions, safety factors should be introduced to provide adequate protection for exposed individuals.

Data on human responses to high-frequency EMF that produce detectable heating have been obtained from controlled exposure of volunteers and from epidemiological studies on workers exposed to sources such as radar, medical diathermy equipment, and heat sealers. They are fully supportive of the conclusions drawn from laboratory work, that adverse biological effects can be caused by temperature rises in tissue that exceed 1°C. Epidemiological studies on exposed workers and the general public have shown no major health effects associated with typical exposure environments. Although there are deficiencies in the epidemiological work, such as poor exposure assessment, the studies have yielded no convincing evidence that typical exposure levels lead to adverse reproductive outcomes or an increased cancer risk in exposed individuals. This is consistent with the results of laboratory research on cellular and animal

models, which have demonstrated neither teratogenic nor carcinogenic effects of exposure to athermal levels of high-frequency EMF.

Exposure to pulsed EMF of sufficient intensity leads to certain predictable effects such as the microwave hearing phenomenon and various behavioral responses. Epidemiological studies on exposed workers and the general public have provided limited information and failed to demonstrate any health effects. Reports of severe retinal damage have been challenged following unsuccessful attempts to replicate the findings.

A large number of studies of the biological effects of amplitude-modulated EMF, mostly conducted with low levels of exposure, have yielded both positive and negative results. Thorough analysis of these studies reveals that the effects of AM fields vary widely with the exposure parameters, the types of cells and tissues involved, and the biological end-points that are examined. In general, the effects of exposure of biological systems to athermal levels of amplitude-modulated EMF are small and very difficult to relate to potential health effects. There is no convincing evidence of frequency and power density windows of response to these fields.

Shocks and burns can be the adverse indirect effects of high-frequency EMF involving human contact with metallic objects in the field. At frequencies of 100 kHz–110 MHz (the upper limit of the FM broadcast band), the threshold levels of contact current that produce effects ranging from perception to severe pain do not vary significantly as a function of the field frequency. The threshold for perception ranges from 25 to 40 mA in individuals of different sizes, and that for pain from approximately 30 to 55 mA; above 50 mA there may be severe burns at the site of tissue contact with a metallic conductor in the field.

GUIDELINES FOR LIMITING EMF EXPOSURE

Occupational and general public exposure limitations

The occupationally exposed population consists of adults who are generally exposed under known conditions and are trained to be aware of potential risk and to take appropriate precautions. By contrast, the general public comprises individuals of all ages and of varying health status, and may include particularly susceptible groups or individuals. In many cases, members of the public are unaware of their exposure to EMF. Moreover, individual members of the public cannot reasonably be expected to take precautions to minimize or avoid exposure. It is these considerations that underlie the adoption of more stringent exposure restrictions for the public than for the occupationally exposed population.

Basic restrictions and reference levels

Restrictions on the effects of exposure are based on established health effects and are termed basic restrictions. Depending on frequency, the physical quantities used to specify the basic restrictions on exposure to EMF

are current density, SAR, and power density. Protection against adverse health effects requires that these basic restrictions are not exceeded.

Reference levels of exposure are provided for comparison with measured values of physical quantities; compliance with all reference levels given in these guidelines will ensure compliance with basic restrictions. If measured values are higher than reference levels, it does not necessarily follow that the basic restrictions have been exceeded, but a more detailed analysis is necessary to assess compliance with the basic restrictions.

General statement on safety factors

There is insufficient information on the biological and health effects of EMF exposure of human populations and experimental animals to provide a rigorous basis for establishing safety factors over the whole frequency range and for all frequency modulations. In addition, some of the uncertainty regarding the appropriate safety factor derives from a lack of knowledge regarding the appropriate dosimetry (Repacholi 1998). The following general variables were considered in the development of safety factors for high-frequency fields:

- effects of EMF exposure under severe environmental conditions (high temperature, etc.) and/or high activity levels; and
- the potentially higher thermal sensitivity in certain population groups, such as the frail and/or elderly, infants and young children, and people with diseases or taking medications that compromise thermal tolerance.

The following additional factors were taken into account in deriving reference levels for high-frequency fields:

- differences in absorption of electromagnetic energy by individuals of different sizes and different orientations relative to the field; and
- reflection, focusing, and scattering of the incident field, which can result in enhanced localized absorption of high-frequency energy.

Basic restrictions

Different scientific bases were used in the development of basic exposure restrictions for various frequency ranges:

- Between 1 Hz and 10 MHz, basic restrictions are provided on current density to prevent effects on nervous system functions;
- Between 100 kHz and 10 GHz, basic restrictions on SAR are provided to prevent whole-body heat stress and excessive localized tissue heating; in the 100 kHz–10 MHz range, restrictions are provided on both current density and SAR; and
- Between 10 and 300 GHz, basic restrictions are provided on power density to prevent excessive heating in tissue at or near the body surface.

In the frequency range from a few Hz to 1 kHz, for levels of induced current density above 100 mA m^{-2} , the thresholds for acute changes in central nervous system excitability and other acute effects such as reversal of the visually evoked potential are exceeded. In view of the safety considerations above, it was decided that, for frequencies in the range 4 Hz to 1 kHz, occupational exposure should be limited to fields that induce current densities less than 10 mA m^{-2} , i.e., to use a safety factor of 10. For the general public an additional factor of 5 is applied, giving a basic exposure restriction of 2 mA m^{-2} . Below 4 Hz and above 1 kHz, the basic restriction on induced current density increases progressively, corresponding to the increase in the threshold for nerve stimulation for these frequency ranges.

Established biological and health effects in the frequency range from 10 MHz to a few GHz are consistent with responses to a body temperature rise of more than 1°C . This level of temperature increase results from exposure of individuals under moderate environmental conditions to a whole-body SAR of approximately 4 W kg^{-1} for about 30 min. A whole-body average SAR of 0.4 W kg^{-1} has therefore been chosen as the restriction that provides adequate protection for occupational exposure. An additional safety factor of 5 is introduced for exposure of the public, giving an average whole-body SAR limit of 0.08 W kg^{-1} .

The lower basic restrictions for exposure of the general public take into account the fact that their age and health status may differ from those of workers.

In the low-frequency range, there are currently few data relating transient currents to health effects. The ICNIRP therefore recommends that the restrictions on current densities induced by transient or very short-term peak fields be regarded as instantaneous values which should not be time-averaged.

The basic restrictions for current densities, whole-body average SAR, and localized SAR for frequencies between 1 Hz and 10 GHz are presented in Table 4, and those for power densities for frequencies of 10–300 GHz are presented in Table 5.

REFERENCE LEVELS

Where appropriate, the reference levels are obtained from the basic restrictions by mathematical modeling and by extrapolation from the results of laboratory investigations at specific frequencies. They are given for the condition of maximum coupling of the field to the exposed individual, thereby providing maximum protection. Tables 6 and 7 summarize the reference levels for occupational exposure and exposure of the general public, respectively, and the reference levels are illustrated in Figs. 1 and 2. The reference levels are intended to be spatially averaged values over the entire body of the exposed individual, but with the important proviso that the basic restrictions on localized exposure are not exceeded.

For low-frequency fields, several computational and measurement methods have been developed for deriving field-strength reference levels from the basic restrictions.

Table 4. Basic restrictions for time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 GHz.^a

Exposure characteristics	Frequency range	Current density for head and trunk (mA m^{-2}) (rms)	Whole-body average SAR (W kg^{-1})	Localized SAR (head and trunk) (W kg^{-1})	Localized SAR (limbs) (W kg^{-1})
Occupational exposure	up to 1 Hz	40	—	—	—
	1–4 Hz	$40/f$	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	10	—	—	—
	1–100 kHz	$f/100$	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	$f/100$	0.4	10	20
General public exposure	10 MHz–10 GHz	—	0.4	10	20
	up to 1 Hz	8	—	—	—
	1–4 Hz	$8/f$	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	2	—	—	—
	1–100 kHz	$f/500$	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	$f/500$	0.08	2	4
	10 MHz–10 GHz	—	0.08	2	4

^a Note:

1. f is the frequency in hertz.
2. Because of electrical inhomogeneity of the body, current densities should be averaged over a cross-section of 1 cm^2 perpendicular to the current direction.
3. For frequencies up to 100 kHz, peak current density values can be obtained by multiplying the rms value by $\sqrt{2}$ (~ 1.414). For pulses of duration t_p the equivalent frequency to apply in the basic restrictions should be calculated as $f = 1/(2t_p)$.
4. For frequencies up to 100 kHz and for pulsed magnetic fields, the maximum current density associated with the pulses can be calculated from the rise/fall times and the maximum rate of change of magnetic flux density. The induced current density can then be compared with the appropriate basic restriction.
5. All SAR values are to be averaged over any 6-min period.
6. Localized SAR averaging mass is any 10 g of contiguous tissue; the maximum SAR so obtained should be the value used for the estimation of exposure.
7. For pulses of duration t_p the equivalent frequency to apply in the basic restrictions should be calculated as $f = 1/(2t_p)$. Additionally, for pulsed exposures in the frequency range 0.3 to 10 GHz and for localized exposure of the head, in order to limit or avoid auditory effects caused by thermoelastic expansion, an additional basic restriction is recommended. This is that the SA should not exceed 10 mJ kg^{-1} for workers and 2 mJ kg^{-1} for the general public, averaged over 10 g tissue.

Table 5. Basic restrictions for power density for frequencies between 10 and 300 GHz.^a

Exposure characteristics	Power density (W m ⁻²)
Occupational exposure	50
General public	10

^a Note:

1. Power densities are to be averaged over any 20 cm² of exposed area and any 68/f^{1.05}-min period (where *f* is in GHz) to compensate for progressively shorter penetration depth as the frequency increases.
2. Spatial maximum power densities, averaged over 1 cm², should not exceed 20 times the values above.

The simplifications that have been used to date did not account for phenomena such as the inhomogeneous distribution and anisotropy of the electrical conductivity and other tissue factors of importance for these calculations.

The frequency dependence of the reference field levels is consistent with data on both biological effects and coupling of the field.

Magnetic field models assume that the body has a homogeneous and isotropic conductivity and apply simple circular conductive loop models to estimate induced currents in different organs and body regions, e.g., the head, by using the following equation for a pure sinusoidal field at frequency *f* derived from Faraday's law of induction:

$$J = \pi R f \sigma B, \quad (4)$$

where *B* is the magnetic flux density and *R* is the radius of the loop for induction of the current. More complex models use an ellipsoidal model to represent the trunk or the whole body for estimating induced current densities at the surface of the body (Reilly 1989, 1992).

If, for simplicity, a homogeneous conductivity of 0.2 S m⁻¹ is assumed, a 50-Hz magnetic flux density of 100 μT generates current densities between 0.2 and 2 mA m⁻² in the peripheral area of the body (CRP 1997). According to another analysis (NAS 1996), 60-Hz exposure levels of 100 μT correspond to average current densities of 0.28 mA m⁻² and to maximum current densities of approximately 2 mA m⁻². More realistic calculations based on anatomically and electrically refined models (Xi and Stuchly 1994) resulted in maximum current densities exceeding 2 mA m⁻² for a 100-μT field at 60 Hz. However, the presence of biological cells affects the spatial pattern of induced currents and fields, resulting in significant differences in both magnitude (a factor of 2 greater) and patterns of flow of the induced current compared with those predicted by simplified analyses (Stuchly and Xi 1994).

Electric field models must take into account the fact that, depending on the exposure conditions and the size, shape, and position of the exposed body in the field, the surface charge density can vary greatly, resulting in a variable and non-uniform distribution of currents inside the body. For sinusoidal electric fields at frequencies below about 10 MHz, the magnitude of the induced current density inside the body increases with frequency.

The induced current density distribution varies inversely with the body cross-section and may be relatively high in the neck and ankles. The exposure level of 5 kV m⁻¹ for exposure of the general public corresponds, under worst-case conditions, to an induced current density of about 2 mA m⁻² in the neck and trunk of the body if the E-field vector is parallel to the body axis (ILO 1994; CRP 1997). However, the current density induced by 5 kV m⁻¹ will comply with the basic restrictions under realistic worst-case exposure conditions.

For purposes of demonstrating compliance with the basic restrictions, the reference levels for the electric and magnetic fields should be considered separately and not additively. This is because, for protection purposes, the currents induced by electric and magnetic fields are not additive.

For the specific case of occupational exposures at frequencies up to 100 kHz, the derived electric fields can be increased by a factor of 2 under conditions in which adverse indirect effects from contact with electrically charged conductors can be excluded.

At frequencies above 10 MHz, the derived electric and magnetic field strengths were obtained from the whole-body SAR basic restriction using computational and experimental data. In the worst case, the energy coupling reaches a maximum between 20 MHz and several hundred MHz. In this frequency range, the derived reference levels have minimum values. The derived magnetic field strengths were calculated from the electric field strengths by using the far-field relationship between E and H (*E/H* = 377 ohms). In the near-field, the SAR frequency dependence curves are no longer valid; moreover, the contributions of the electric and magnetic field components have to be considered separately. For a conservative approximation, field exposure levels can be used for near-field assessment since the coupling of energy from the electric or magnetic field contribution cannot exceed the SAR restrictions. For a less conservative assessment, basic restrictions on the whole-body average and local SAR should be used.

Reference levels for exposure of the general public have been obtained from those for occupational exposure by using various factors over the entire frequency range. These factors have been chosen on the basis of effects that are recognized as specific and relevant for the various frequency ranges. Generally speaking, the factors follow the basic restrictions over the entire frequency range, and their values correspond to the mathematical relation between the quantities of the basic restrictions and the derived levels as described below:

- In the frequency range up to 1 kHz, the general public reference levels for electric fields are one-half of the values set for occupational exposure. The value of 10 kV m⁻¹ for a 50-Hz or 8.3 kV m⁻¹ for a 60-Hz occupational exposure includes a sufficient safety margin to prevent stimulation effects from contact currents under all possible conditions. Half of this value was chosen for the general public reference levels, i.e.,

Table 6. Reference levels for occupational exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	1.63×10^5	2×10^5	—
1–8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5 f^2$	$2 \times 10^5 f^2$	—
8–25 Hz	20,000	$2 \times 10^4 f$	$2.5 \times 10^4 f$	—
0.025–0.82 kHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	—
0.82–65 kHz	610	24.4	30.7	—
0.065–1 MHz	610	$1.6/f$	$2.0/f$	—
1–10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	$2.0/f$	—
10–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2,000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	$f/40$
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

^a Note:

1. f as indicated in the frequency range column.
2. Provided that basic restrictions are met and adverse indirect effects can be excluded, field strength values can be exceeded.
3. For frequencies between 100 kHz and 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , and B^2 are to be averaged over any 6-min period.
4. For peak values at frequencies up to 100 kHz see Table 4, note 3.
5. For peak values at frequencies exceeding 100 kHz see Figs. 1 and 2. Between 100 kHz and 10 MHz, peak values for the field strengths are obtained by interpolation from the 1.5-fold peak at 100 kHz to the 32-fold peak at 10 MHz. For frequencies exceeding 10 MHz it is suggested that the peak equivalent plane wave power density, as averaged over the pulse width, does not exceed 1,000 times the S_{eq} restrictions, or that the field strength does not exceed 32 times the field strength exposure levels given in the table.
6. For frequencies exceeding 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , and B^2 are to be averaged over any $68/f^{1.05}$ -min period (f in GHz).
7. No E-field value is provided for frequencies <1 Hz, which are effectively static electric fields. Electric shock from low impedance sources is prevented by established electrical safety procedures for such equipment.

Table 7. Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1–8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4 f^2$	$4 \times 10^4 f^2$	—
8–25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	—
0.025–0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8–3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3–150 kHz	87	5	6.25	—
0.15–1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1–10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2,000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10

^a Note:

1. f as indicated in the frequency range column.
2. Provided that basic restrictions are met and adverse indirect effects can be excluded, field strength values can be exceeded.
3. For frequencies between 100 kHz and 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , and B^2 are to be averaged over any 6-min period.
4. For peak values at frequencies up to 100 kHz see Table 4, note 3.
5. For peak values at frequencies exceeding 100 kHz see Figs. 1 and 2. Between 100 kHz and 10 MHz, peak values for the field strengths are obtained by interpolation from the 1.5-fold peak at 100 kHz to the 32-fold peak at 10 MHz. For frequencies exceeding 10 MHz it is suggested that the peak equivalent plane wave power density, as averaged over the pulse width does not exceed 1,000 times the S_{eq} restrictions, or that the field strength does not exceed 32 times the field strength exposure levels given in the table.
6. For frequencies exceeding 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , and B^2 are to be averaged over any $68/f^{1.05}$ -min period (f in GHz).
7. No E-field value is provided for frequencies <1 Hz, which are effectively static electric fields. perception of surface electric charges will not occur at field strengths less than 25 kV m^{-1} . Spark discharges causing stress or annoyance should be avoided.

5 kV m^{-1} for 50 Hz or 4.2 kV m^{-1} for 60 Hz, to prevent adverse indirect effects for more than 90% of exposed individuals;

- In the low-frequency range up to 100 kHz, the general public reference levels for magnetic fields are set at a factor of 5 below the values set for occupational exposure;

- In the frequency range 100 kHz–10 MHz, the general public reference levels for magnetic fields have been increased compared with the limits given in the 1988 IRPA guideline. In that guideline, the magnetic field strength reference levels were calculated from the electric field strength reference levels by using the far-field

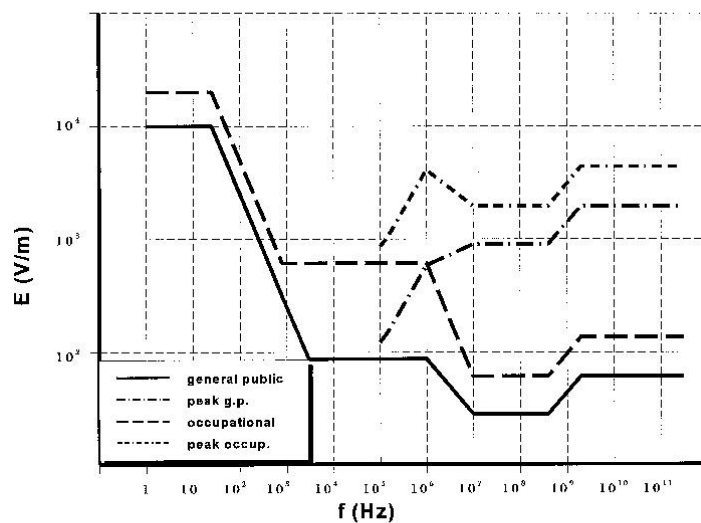


Fig. 1. Reference levels for exposure to time varying electric fields (compare Tables 6 and 7).

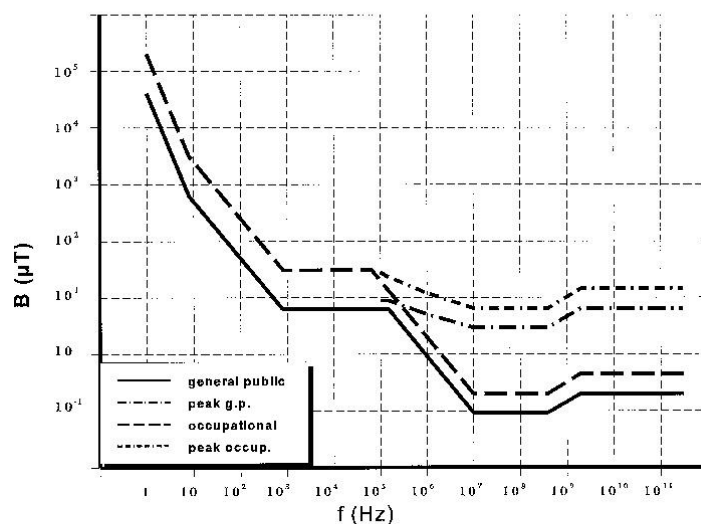


Fig. 2. Reference levels for exposure to time varying magnetic fields (compare Tables 6 and 7).

formula relating E and H . These reference levels are too conservative, since the magnetic field at frequencies below 10 MHz does not contribute significantly to the risk of shocks, burns, or surface charge effects that form a major basis for limiting occupational exposure to electric fields in that frequency range;

- In the high-frequency range 10 MHz–10 GHz, the general public reference levels for electric and magnetic fields are lower by a factor of 2.2 than those set for occupational exposure. The factor of 2.2 corresponds to the square root of 5, which is the safety factor between the basic restrictions for occupational exposure and those for general public

exposure. The square root is used to relate the quantities “field strength” and “power density;”

- In the high-frequency range 10–300 GHz, the general public reference levels are defined by the power density, as in the basic restrictions, and are lower by a factor of 5 than the occupational exposure restrictions;
- Although little information is available on the relation between biological effects and peak values of pulsed fields, it is suggested that, for frequencies exceeding 10 MHz, S_{eq} as averaged over the pulse width should not exceed 1,000 times the reference levels or that field strengths should not exceed 32 times the field strength reference levels given in Tables 6 and 7 or shown in Figs. 1 and 2. For frequencies between about 0.3 GHz and several GHz, and for localized exposure of the head, in order to limit or avoid auditory effects caused by thermoelastic expansion the specific absorption from pulses must be limited. In this frequency range, the threshold SA of 4–16 mJ kg⁻¹ for producing this effect corresponds, for 30-μs pulses, to peak SAR values of 130–520 W kg⁻¹ in the brain. Between 100 kHz and 10 MHz, peak values for the field strengths in Figs. 1 and 2 are obtained by interpolation from the 1.5-fold peak at 100 kHz to the 32-fold peak at 10 MHz.
- In Tables 6 and 7, as well as in Figs. 1 and 2, different frequency break-points occur for occupational and general public derived reference levels. This is a consequence of the varying factors used to derive the general public reference levels, while generally keeping the frequency dependence the same for both occupational and general public levels.

REFERENCE LEVELS FOR CONTACT AND INDUCED CURRENTS

Up to 110 MHz, which includes the FM radio transmission frequency band, reference levels for contact current are given above which caution must be exercised to avoid shock and burn hazards. The point contact reference levels are presented in Table 8. Since the

threshold contact currents that elicit biological responses in children and adult women are approximately one-half and two-thirds, respectively, of those for adult men, the reference levels for contact current for the general public are set lower by a factor of 2 than the values for occupational exposure.

For the frequency range 10–110 MHz, reference levels are provided for limb currents that are below the basic restrictions on localized SAR (see Table 9).

SIMULTANEOUS EXPOSURE TO MULTIPLE FREQUENCY FIELDS

It is important to determine whether, in situations of simultaneous exposure to fields of different frequencies, these exposures are additive in their effects. Additivity should be examined separately for the effects of thermal and electrical stimulation, and the basic restrictions below should be met. The formulae below apply to relevant frequencies under practical exposure situations.

For electrical stimulation, relevant for frequencies up to 10 MHz, induced current densities should be added according to

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1. \quad (5)$$

For thermal effects, relevant above 100 kHz, SAR and power density values should be added according to:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1, \quad (6)$$

where

- J_i = the current density induced at frequency i ;
- $J_{L,i}$ = the induced current density restriction at frequency i as given in Table 4;
- SAR_i = the SAR caused by exposure at frequency i ;
- SAR_L = the SAR limit given in Table 4;
- S_L = the power density limit given in Table 5; and
- S_i = the power density at frequency i .

For practical application of the basic restrictions, the following criteria regarding reference levels of field strengths should be applied.

Table 8. Reference levels for time varying contact currents from conductive objects.^a

Exposure characteristics	Frequency range	Maximum contact current (mA)
Occupational exposure	up to 2.5 kHz	1.0
	2.5–100 kHz	0.4 f
	100 kHz–110 MHz	40
General public exposure	up to 2.5 kHz	0.5
	2.5–100 kHz	0.2 f
	100 kHz–110 MHz	20

^a f is the frequency in kHz.

Table 9. Reference levels for current induced in any limb at frequencies between 10 and 110 MHz.^a

Exposure characteristics	Current (mA)
Occupational exposure	100
General public	45

^a Note:

1. The public reference level is equal to the occupational reference level divided by $\sqrt{5}$.
2. For compliance with the basic restriction on localized SAR, the square root of the time-averaged value of the square of the induced current over any 6-min period forms the basis of the reference levels.

For induced current density and electrical stimulation effects, relevant up to 10 MHz, the following two requirements should be applied to the field levels:

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1, \quad (7)$$

and

$$\sum_{j=1 \text{ Hz}}^{65 \text{ kHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>65 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1, \quad (8)$$

where

- E_i = the electric field strength at frequency i ;
- $E_{L,i}$ = the electric field reference level from Tables 6 and 7;
- H_j = the magnetic field strength at frequency j ;
- $H_{L,j}$ = the magnetic field reference level from Tables 6 and 7;
- $a = 610 \text{ V m}^{-1}$ for occupational exposure and 87 V m^{-1} for general public exposure; and
- $b = 24.4 \text{ A m}^{-1}$ ($30.7 \text{ } \mu\text{T}$) for occupational exposure and 5 A m^{-1} ($6.25 \text{ } \mu\text{T}$) for general public exposure.

The constant values a and b are used above 1 MHz for the electric field and above 65 kHz for the magnetic field because the summation is based on induced current densities and should not be mixed with thermal considerations. The latter forms the basis for $E_{L,i}$ and $H_{L,j}$ above 1 MHz and 65 kHz, respectively, found in Tables 6 and 7.

For thermal considerations, relevant above 100 kHz, the following two requirements should be applied to the field levels:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1, \quad (9)$$

and

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1, \quad (10)$$

where

- E_i = the electric field strength at frequency i ;
- $E_{L,i}$ = the electric field reference level from Tables 6 and 7;
- H_j = the magnetic field strength at frequency j ;
- $H_{L,j}$ = the magnetic field reference level from Tables 6 and 7;
- $c = 610/f \text{ V m}^{-1}$ (f in MHz) for occupational exposure and $87/f^{1/2} \text{ V m}^{-1}$ for general public exposure; and
- $d = 1.6/f \text{ A m}^{-1}$ (f in MHz) for occupational exposure and $0.73/f$ for general public exposure.

For limb current and contact current, respectively, the following requirements should be applied:

$$\sum_{k=10 \text{ MHz}}^{110 \text{ MHz}} \left(\frac{I_k}{I_{L,k}} \right)^2 \leq 1 \quad \sum_{n=1 \text{ Hz}}^{110 \text{ MHz}} \frac{I_n}{I_{C,n}} \leq 1, \quad (11)$$

where

- I_k = the limb current component at frequency k ;
- $I_{L,k}$ = the reference level of limb current (see Table 9);
- I_n = the contact current component at frequency n ; and
- $I_{C,n}$ = the reference level of contact current at frequency n (see Table 8).

The above summation formulae assume worst-case conditions among the fields from the multiple sources. As a result, typical exposure situations may in practice require less restrictive exposure levels than indicated by the above formulae for the reference levels.

PROTECTIVE MEASURES

ICNIRP notes that the industries causing exposure to electric and magnetic fields are responsible for ensuring compliance with all aspects of the guidelines.

Measures for the protection of workers include engineering and administrative controls, personal protection programs, and medical surveillance (ILO 1994). Appropriate protective measures must be implemented when exposure in the workplace results in the basic restrictions being exceeded. As a first step, engineering controls should be undertaken wherever possible to reduce device emissions of fields to acceptable levels. Such controls include good safety design and, where necessary, the use of interlocks or similar health protection mechanisms.

Administrative controls, such as limitations on access and the use of audible and visible warnings, should be used in conjunction with engineering controls. Personal protection measures, such as protective clothing, though useful in certain circumstances, should be regarded as a last resort to ensure the safety of the worker; priority should be given to engineering and administrative controls wherever possible. Furthermore, when such items as insulated gloves are used to protect individuals from high-frequency shock and burns, the basic restrictions must not be exceeded, since the insulation protects only against indirect effects of the fields.

With the exception of protective clothing and other personal protection, the same measures can be applied to the general public whenever there is a possibility that the general public reference levels might be exceeded. It is also essential to establish and implement rules that will prevent:

- interference with medical electronic equipment and devices (including cardiac pacemakers);

- detonation of electro-explosive devices (detonators); and
- fires and explosions resulting from ignition of flammable materials by sparks caused by induced fields, contact currents, or spark discharges.

Acknowledgments—The support received by ICNIRP from the International Radiation Protection Association, the World Health Organization, the United Nations Environment Programme, the International Labour Office, the European Commission, and the German Government is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- Adair, E. R.; Adams, B. W.; Akel, G. M. Minimal changes in hypothalamic temperature accompany microwave-induced alteration of thermoregulatory behavior. *Bioelectromagnetics* 5:13–30; 1984.
- Adair, E. R.; Adams, B. W. Microwaves modify thermoregulatory behavior in squirrel monkey. *Bioelectromagnetics* 1:1–20; 1980.
- Albert, E. N.; Slaby, F.; Roche, J.; Loftus, J. Effect of amplitude modulated 147 MHz radiofrequency radiation on calcium ion efflux from avian brain tissue. *Radiat. Res.* 109:19–27; 1987.
- Allen, S. G.; Bernhardt, J. H.; Driscoll, C. M. H.; Grandolfo, M.; Mariutti, G. F.; Matthes, R.; McKinlay, A. F.; Steinmetz, M.; Vecchia, P.; Whillock, M. Proposals for basic restrictions for protection against occupational exposure to electromagnetic non-ionizing radiations. Recommendations of an International Working Group set up under the auspices of the Commission of the European Communities. *Phys. Med.* VII:77–89; 1991.
- American Conference of Government Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 1996.
- Astumian, R. D.; Weaver, J. C.; Adair, R. K. Rectification and signal averaging of weak electric fields by biological cells. *PNAS* 92:3740–3743; 1995.
- Balcer-Kubiczek, E. K.; Harrison, G. H. Neoplastic transformation of C3H/10T1/2 cells following exposure to 120 Hz modulated 2.45 GHz microwaves and phorbol ester tumor promoter. *Radiat. Res.* 126:65–72; 1991.
- Baris, D.; Armstrong, B. G.; Deadman, J.; Thériault, G. A mortality study of electrical utility workers in Quebec. *Occ. Environ. Med.* 53:25–31; 1996.
- Barron, C. I.; Baraff, A. A. Medical considerations of exposure to microwaves (radar). *J. Am. Med. Assoc.* 168:1194–1199; 1958.
- Baum, A.; Mevissen, M.; Kamino, K.; Mohr, U.; Löschner, W. A histopathological study on alterations in DMBA-induced mammary carcinogenesis in rats with 50 Hz, 100 μ T magnetic field exposure. *Carcinogenesis* 16:119–125; 1995.
- Bawin, S. M.; Gavalas-Medici, R. J.; Adey, W. R. Reinforcement of transient brain rhythms by amplitude modulated VHF fields. In: Llauro, J. G.; Sances, A.; Battocletti, J. H., eds. *Biological and clinical effects of low frequency magnetic and electric fields*. Springfield, IL: Charles C. Thomas; 1974: 172–186.
- Bawin, S. M.; Kaczmarek, L. K.; Adey, W. R. Effects of modulated VHF fields on the central nervous system. *Ann. NY Acad. Sci.* 274:74–81; 1975.
- Beall, C.; Delzell, E.; Cole, P.; Brill, I. Brain tumors among electronics industry workers. *Epidemiology* 7:125–130; 1996.
- Beniashvili, D. S.; Bilanishvili, V. G.; Menabde, M. Z. The effect of low-frequency electromagnetic fields on the development of experimental mammary tumors. *Vopr. Onkol.* 37:937–941; 1991.
- Bergqvist, U. Pregnancy outcome and VDU work—a review. In: Luczak, H.; Cakir, A.; An Cakir, G., eds. *Work with display units '92—Selected Proceedings of the 3rd International Conference WWDO '92*, Berlin Germany, 1–4 September 1992. Amsterdam: Elsevier; 1993: 70–76.
- Bernhardt, J. H. The direct influence of electromagnetic fields on nerve and muscle cells of man within the frequency range of 1 Hz to 30 MHz. *Radiat. Environ. Biophys.* 16:309–323; 1979.
- Bernhardt, J. H. The establishment of frequency dependent limits for electric and magnetic fields and evaluation of indirect effect. *Radiat. Environ. Biophys.* 27:1–27; 1988.
- Bernhardt, J. H. Basic criteria of ELF-standards: worldwide achievement in public and occupational health protection against radiation. Proceedings of the Eighth International Congress of the International Radiation Protection Association. Geneva: IRPA; 1992: 933–936.
- Blackman, C. F.; Elder, J. A.; Weil, C. M.; Benane, S. G.; Eichinger, D. C.; House, D. E. Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radiofrequency radiation: effects of modulation frequency and field strength. *Radio Sci.* 14:93–98; 1979.
- Blank, M., ed. *Electromagnetic fields: biological interactions and mechanisms*. Washington, DC: American Chemical Society Press; 1995.
- Bracken, M. B.; Belanger, K.; Hellenbrand, K.; Dlugosz, L.; Holford, T. R.; McSharry, J. E.; Adesso, K.; Leaderer, B. Exposure to electromagnetic fields during pregnancy with emphasis on electrically heated beds: association with birthweight and intrauterine growth. *Epidemiol.* 6:263–270; 1995.
- Brent, R. L.; Beckman, D. A.; Landel, C. P. Clinical teratology. *Curr. Opin. Pediatr.* 5:201–211; 1993.
- Byus, C. V.; Lundak, R. L.; Fletcher, R. M.; Adey, W. R. Alterations in protein kinase activity following exposure of cultured human lymphocytes to modulated microwave fields. *Bioelectromagnetics* 5:341–351; 1984.
- Byus, C. V.; Pieper, S. E.; Adey, W. R. The effects of low-energy 60 Hz environmental electromagnetic fields upon the growth-related enzyme ornithine decarboxylase. *Carcinogenesis* 8:1385–1389; 1987.
- Byus, C. V.; Kartun, K.; Pieper, S.; Adey, W. R. Increased ornithine decarboxylase activity in cultured cells exposed to low energy modulated microwave fields and phorbol ester tumor promoters. *Cancer Res.* 48:4222–4226; 1988.
- Chatterjee, I.; Wu, D.; Gandhi, O. P. Human body impedance and threshold currents for perception and pain for contact hazards analysis in the VLF-MF band. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 33:486–494; 1986.
- Chen, J. Y.; Gandhi, O. P. Thermal implications of high SARs in the body extremities at the ANSI-recommended MF-VHF safety levels. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 35:435–441; 1988.
- Chernoff, N.; Rogers, J. M.; Kavet, R. A review of the literature on potential reproductive and developmental toxicity of electric and magnetic fields. *Toxicology* 74:91–126; 1992.

- Chou, C.-K.; Guy, A. W.; Kunz, L. I.; Johnson, R. B.; Crowley, J. J.; Krupp, J. H. Long-term, low-level microwave irradiation of rats. *Bioelectromagnetics* 13:469–496; 1992.
- Cohen, B. H.; Lillienfeld, A. M.; Kramer, A. M.; Hyman, L. C. C. Parental factors in Down's syndrome: results of the second Baltimore case control study. In: Hook, E. B.; Porter, I. H., eds. *Population cytogenetics—studies in humans*. New York: Academic Press; 1977: 301–352.
- Coleman, M. P.; Bell, C. M. J.; Taylor, H. L.; Primic-Zakelj, M. Leukemia and residence near electricity transmission equipment: a case-control study. *Br. J. Cancer* 60:793–798; 1989.
- Commission on Radiological Protection. Protection against low-frequency electric and magnetic fields in energy supply and use. Recommendation, approved on 16th/17th February 1995. In: *Berichte der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*, Heft 7. Stuttgart: Fischer; 1997.
- Cook, M. R.; Graham, C.; Cohen, H. D.; Gerkovich, M. M. A replication study of human exposure to 60-Hz fields: effects on neurobehavioral measures. *Bioelectromagnetics* 13:261–285; 1992.
- Cridland, N. A. Electromagnetic fields and cancer: a review of relevant cellular studies. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; Report NRPB-R256; 1993.
- Daels, J. Microwave heating of the uterine wall during parturition. *Obstet. Gynecol.* 42:76–79; 1973.
- Daels, J. Microwave heating of the uterine wall during parturition. *J. Microwave Power* 11:166–167; 1976.
- D'Andrea, J. A.; DeWitt, J. R.; Gandhi, O. P.; Stensaas, S.; Lords, J. L.; Neilson, H. C. Behavioral and physiological effects of chronic 2450-MHz microwave irradiation of the rat at 0.5 mW/cm². *Bioelectromagnetics* 7:45–56; 1986.
- De Lorge, J. O.; Ezell, C. S. Observing responses of rats exposed to 1.28- and 5.62-GHz microwaves. *Bioelectromagnetics* 1:183–198; 1980.
- Demers, P. A.; Thomas, D. B.; Sternhagen, A.; Thompson, W. D.; Curnen, M. G. M.; Satariano, W.; Austin, D. F.; Issacson, P.; Greenberg, R. S.; Key, C.; Kolonel, L. K.; West, D. W. Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. *Am. J. Epidemiol.* 132:775–776; 1991.
- Dimbylow, P. J. FDTD calculations of the whole-body averaged SAR in an anatomically realistic voxel model of the human body from 1 MHz to 1 GHz. *Phys. Med. Biol.* 42:479–490; 1997.
- Dimbylow, P. J.; Mann, S. M. SAR calculations in an anatomically realistic model of the head for mobile communication transceivers at 900 MHz and 1.8 GHz. *Phys. Med. Biol.* 39:1537–1553; 1994.
- DIN VDE 0848, Teil 1, Sicherheit in elektromagnetischen Feldern, Mess- und Berechnungsverfahren. Berlin: Beuth-Verlag; 1995.
- Dolk, H.; Shaddick, H.; Walls, P.; Grundy, C.; Thakrar, B.; Kleinschmidt, I.; Elliot, P. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain, Part I. Sutton Coldfield Transmitter. *Am. J. Epidemiol.* 145:1–9; 1997a.
- Dolk, H.; Elliot, P.; Shaddick, G.; Walls, P.; Thakrar, B. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain, Part II. All high-power transmitters. *Am. J. Epidemiol.* 145:10–17; 1997b.
- Dumey, C. H.; Massoudi, H.; Iskander, M. F. Radiofrequency radiation dosimetry handbook. Brooks Air Force Base, TX: U.S. Air Force School of Aerospace, Medical Division; Reg. No. SAM-TR-85-73; 1985.
- Feychting, M.; Ahlbom, A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage power lines. *Am. J. Epidemiol.* 138:467–481; 1993.
- Feychting, M.; Ahlbom, A. Magnetic fields, leukemia, and central nervous system tumors in Swedish adults residing near high-voltage power lines. *Epidemiology* 5:501–509; 1994.
- Feychting, M.; Kaune, T. W.; Savitz, D. A.; Ahlbom, A. Estimating exposure in studies on residential magnetic fields and cancer. *Epidemiology* 7:220–224; 1996.
- Floderus, B.; Persson, T.; Stenlund, C.; Wennberg, A.; Ost, A.; Knave, B. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: a case-control study in Sweden. *Cancer Causes and Control* 4:465–476; 1993.
- Frey, A. M. Auditory system response to radiofrequency energy. *Aerospace Med.* 32:1140–1142; 1961.
- Frey, A. M.; Messenger, R. Human perception of illumination with pulsed ultra-high-frequency electromagnetic radiation. *Science* 181:356–358; 1973.
- Fulton, J. P.; Cobb, S.; Preble, L.; Leone, L.; Forman, E. Electrical wiring configurations and childhood leukemia in Rhode Island. *Am. J. Epidemiol.* 111:292–295; 1980.
- Gandhi, O. P.; Chen, J. Y.; Riazi, A. Current induced in a human being for plane-wave exposure conditions 0–50 MHz and for RF sealers. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 33:757–767; 1986.
- Gandhi, O. P. Some numerical methods for dosimetry: extremely low frequencies to microwave frequencies. *Radio Science* 30:161–177; 1995.
- Goodman, R.; Bassett, C. A.; Henderson, A. S. Pulsing electromagnetic fields induce cellular transcription. *Science* 220:1283–1285; 1983.
- Goodman, R.; Henderson, A. S. Exposure of salivary gland cells to low-frequency electromagnetic fields alters polypeptide synthesis. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 85:3928–3232; 1988.
- Goodman, R.; Henderson, A. S. Transcription and translation in cells exposed to extremely low frequency electromagnetic fields. *Bioelectrochem. Bioenerg.* 25:335–355; 1991.
- Graham, C.; Cook, M. R.; Cohen, H. D.; Gerkovich, M. M. Dose response study of human exposure to 60 Hz electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 15:447–463; 1994.
- Graham, C.; Cook, M. R.; Riffle, D. W.; Gerkovich, M. M.; Cohen, H. D. Nocturnal melatonin levels in human volunteers exposed to intermittent 60 Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 17:263–273; 1996.
- Graham, C.; Cook, M. R.; Riffle, D. W. Human melatonin during continuous magnetic field exposure. *Bioelectromagnetics* 18:166–171; 1997.
- Grayson, J. K. Radiation exposure, socioeconomic status, and brain tumor risk in the US Air Force: a nested case-control study. *Am. J. Epidemiol.* 143:480–486; 1996.
- Greene, J. J.; Skowronski, W. J.; Mullins, J. M.; Nardone, R. M. Delineation of electric and magnetic field effects of extremely low frequency electromagnetic radiation on transcription. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 174:742–749; 1991.
- Guénel, P.; Nicolau, J.; Imberson, E.; Chevalier, A.; Goldberg, M. Exposure to 50-Hz electric field and incidence of leukemia, brain tumors, and other cancers among French electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 144:1107–21; 1996.

- Guy, A. W.; Lin, J. C.; Kramar, P. O.; Emery, A. Effect of 2450-MHz radiation on the rabbit eye. *IEEE Transactions on Microwave Theory Technique* 23:492–498; 1975.
- Heath, C. W., Jr. Electromagnetic field exposure and cancer: a review of epidemiologic evidence. *Ca. Cancer J. Clin.* 46:29–44; 1996.
- Hocking, B.; Gordon, I. R.; Grain, M. L.; Hatfield, G. E. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med. J. Australia* 165:601–605; 1996.
- Hoque, M.; Gandhi, O. P. Temperature distributions in the human leg for VLF-VHF exposures at the ANSI-recommended safety levels. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 35:442–449; 1988.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. *Health Phys.* 66:100–106; 1994.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health issues related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters. *Health Phys.* 70:587–593; 1996.
- International Commission on Radiological Protection. Human respiratory tract model for radiological protection. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 66; 1994.
- Institute of Electrical and Electronic Engineers. Standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers; IEEE C95.1-1991; 1992.
- International Labour Organisation. Protection of workers from power frequency electric and magnetic fields. Geneva: International Labour Office; Occupational Safety and Health Series, No. 69; 1994.
- International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee. Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz. *Health Phys.* 54:115–123; 1988.
- International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. *Health Phys.* 58:113–121; 1990.
- Jokela, K.; Puranen, L.; Gandhi, O. P. Radio frequency currents induced in the human body for medium-frequency/high-frequency broadcast antennas. *Health Phys.* 66:237–244; 1994.
- Källén, B.; Malmquist, G.; Moritz, U. Delivery outcome among physiotherapists in Sweden: Is non-ionizing radiation a fetal hazard? *Arch. Environ. Health* 37:81–85; 1982.
- Kamimura, Y.; Sato, K.; Saiga, T.; Amemiya, Y. Effects of 2.45 GHz microwave irradiation on monkey eyes. *IEICE Trans. Communications* E77-B:762–765; 1994.
- Kirschvink, J. L.; Kobayashi-Kirschvink, A.; Diaz Ricci, J. C.; Kirschvink, S. J. Magnetite in human tissues: a mechanism for the biological effects of weak ELF magnetic fields. *Bioelectromagnetics Suppl.* 1:101–113; 1992a.
- Kirschvink, J. L.; Kobayashi-Kirschvink, A.; Woodford, B. J. Magnetite biomineralization in the human brain. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 89:7683–7687; 1992b.
- Kues, H. A.; Hirst, L. W.; Luty, G. A.; D'Anna, S. A.; Dunkelberger, G. R. Effects of 2.45-GHz microwaves on primate corneal endothelium. *Bioelectromagnetics* 6:177–188; 1985.
- Kuster, N.; Balzano, Q. Energy absorption mechanisms by biological bodies in the near-field of dipole antennas. *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 42:17–23; 1992.
- Lacy-Hulbert, A.; Wilkins, R. C.; Hesketh, T. R.; Metcalfe, J. C. No effect of 60 Hz electromagnetic fields on MYC or beta-actin expression in human leukemic cells. *Rad Res.* 144:9–17; 1995.
- Lai, H.; Singh, N. P. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 16:207–210; 1995.
- Lai, H.; Singh, N. P. Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int. J. Radiation Biol.* 69:513–521; 1996.
- Larsen, A. I.; Olsen, J.; Svane, O. Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. *Scand. J. Work Environ. Health* 17:324–329; 1991.
- Li, D.; Ceckoway, H.; Mueller, B. A. Electric blanket use during pregnancy in relation to the risk of congenital urinary tract anomalies among women with a history of subfertility. *Epidemiology* 6:485–489; 1995.
- Li, C. Y.; Thériault, G.; Lin, R. S. Epidemiological appraisal of studies of residential exposure to power frequency magnetic fields and adult cancers. *Occup. Environ. Med.* 53:505–510; 1996.
- Liburdy, R. P. Biological interactions of cellular systems with time-varying magnetic fields. *Ann. NY Acad. Sci.* 649:74–95; 1992.
- Lillienfeld, A. M.; Tonascia, J.; Tonascia, S.; Libauer, C. A.; Cauthen, G. M. Foreign service health status study—evaluation of health status of foreign service and other employees from selected eastern European posts. Final report. Washington, DC: Department of State; Contract No. 6025-619073, NTIS PB-288163; 1978.
- Lin, J. C. Microwave auditory effects and applications. Springfield, IL: Charles C. Thomas; 1978.
- Lindbohm, M. L.; Hietanen, M.; Kyyrönen, P.; Sallmen, M.; van Nandelstadh, P.; Taskinen, H.; Pekkarinen, M.; Ylikoski, M.; Hemminki, K. Magnetic fields of video display terminals and spontaneous abortion. *Am. J. Epidemiol.* 136:1041–1051; 1992.
- Linnet, M. S.; Hatch, E. E.; Kleiner, R. A.; Robinson, L. L.; Kaune, W. T.; Friedman, D. R.; Severson, R. K.; Haines, C. M.; Hartsock, C. T.; Niwa, S.; Wacholder, S.; Tarone, R. E. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *New Eng. J. Med.* 337:1–7; 1997.
- Litovitz, T. A.; Krause, D.; Mullins, J. M. Effect of coherence time of the applied magnetic field on ornithine decarboxylase activity. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 178:862–865; 1991.
- Litovitz, T. A.; Montrose, C. J.; Wang, W. Dose-response implications of the transient nature of electromagnetic-field-induced bioeffects: theoretical hypotheses and predictions. *Bioelectromagnetics Suppl.* 1:237–246; 1992.
- Litovitz, T. A.; Krause, D.; Penafiel, M.; Elson, E. C.; Mullins, J. M. The role of coherence time in the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity. *Bioelectromagnetics* 14:395–403; 1993.
- Löscher, W.; Mevissen, M.; Lehmacher, W.; Stamm, A. Tumor promotion in a breast cancer model by exposure to a weak alternating magnetic field. *Cancer Letters* 71:75–81; 1993.
- Löscher, W.; Mevissen, M. Linear relationship between flux density and tumor co-promoting effect of prolonging magnetic exposure in a breast cancer model. *Cancer Letters* 96:175–180; 1995.

- Lövsund, P.; Öberg, P.; Nilsson, S. E. G. Magneto- and electrophosphores: a comparative study. *Med. Biol. Eng. Computing* 18:758-764; 1980.
- London, S. J.; Thomas, D. C.; Bowman, J. D.; Sobel, E.; Cheng, T. C.; Peters, J. M. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am. J. Epidemiol.* 134:923-937; 1991.
- Loomis, D. P.; Savitz, D. A.; Ananth, C. V. Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States. *J. Nat. Cancer Inst.* 86:921-925; 1994.
- Lyle, D. B.; Schechter, P.; Adey, W. R.; Lundak, R. L. Suppression of T-lymphocyte cytotoxicity following exposure to sinusoidally amplitude-modulated fields. *Bioelectromagnetics* 4:281-292; 1983.
- Magin, R. L.; Liburdy, R. P.; Persson, B. Biological effects and safety aspects of nuclear magnetic resonance imaging and spectroscopy. *Ann. NY Acad. Sci.* 649; 1992.
- Matanoski, G. M.; Breyse, P. N.; Elliott, E. A. Electromagnetic field exposure and male breast cancer. *Lancet* 337:737; 1991.
- McCann, J.; Dietrich, F.; Rafferty, C.; Martin, A. A critical review of the genotoxic potential of electric and magnetic fields. *Mutation Res.* 297:61-95; 1993.
- McDowall, M. Mortality in persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. *Br. J. Cancer* 53:271-279; 1985.
- McKinlay, A. F.; Andersen, J. B.; Bernhardt, J. H.; Grandolfo, M.; Hossman, K.-A.; Mild, K. H.; Swerdlow, A. J.; Van Leeuwen, M.; Verschaeve, L.; Veyret, B. Radiotelephones and human health—proposal for a European research programme. Report of a European Commission Expert Group. Brussels: European Commission Directorate General XIII; 1996.
- McLean, J.; Stuchly, M. A.; Mitchel, R. E.; Wilkinson, D.; Yang, H.; Goddard, M.; Lecuyer, D. W.; Schunk, M.; Callary, E.; Morrison, D. Cancer promotion in a mouse-skin model by a 60-Hz magnetic field: II. Tumor development and immune response. *Bioelectromagnetics* 12:273-287; 1991.
- Mevissen, M.; Stamm, A.; Buntenkötter, S.; Zwingelberg, R.; Wahnschaffe, U.; Löscher, W. Effects of magnetic fields on mammary tumor development induced by 7,12-dimethylbenz(a)anthracene in rats. *Bioelectromagnetics* 14:131-143; 1993.
- Mevissen, M.; Kietzmann, M.; Löscher, W. *In vivo* exposure of rats to weak alternating magnetic field increases ornithine decarboxylase activity in the mammary gland by a similar extent as the carcinogen DMBA. *Cancer Letters* 90:207-214; 1995.
- Michaelis, J.; Schütz, J.; Meinert, R.; Menger, M.; Grigat, J.-P.; Kaatsch, P.; Kaletsch, U.; Miesner, A.; Stamm, A.; Brinkmann, K.; Kärner, H. Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study in Germany. *Cancer Causes and Control* 8:167-174; 1997.
- Michaelson, S. M. Biological effects and health hazards of RF and MW energy: fundamentals and overall phenomenology. In: Grandolfo, M.; Michaelson, S. M.; Rindi, A., eds. *Biological effects and dosimetry of nonionizing radiation*. New York: Plenum Press; 1983: 337-357.
- Michaelson, S. M.; Elson, E. C. Modulated fields and 'window' effects. In: Polk, C.; Postow, E., eds. *Biological effects of electromagnetic fields*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996: 435-533.
- Milham, S., Jr. Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. *New Engl. J. Med.* 307:249; 1982.
- Miller, A. B.; To, T.; Agnew, D. A.; Wall, C.; Green, L. M. Leukemia following occupational exposure to 60-Hz electric and magnetic fields among Ontario electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 144:150-160; 1996.
- Murphy, J. C.; Kaden, D. A.; Warren, J.; Sivak, A. Power frequency electric and magnetic fields: a review of genetic toxicology. *Mutation Res.* 296:221-240; 1993.
- Myers, A.; Cartwright, R. A.; Bonnell, J. A.; Male, J. C.; Cartwright, S. C. Overhead power lines and childhood cancer. International Conference of Electric and Magnetic Fields in Med. and Biology, London, December 4-5. IEEE Conf. Publ. No. 257; 1985:126.
- National Academy of Science/National Research Council. Possible health effects of exposure to residential electric and magnetic fields. Washington, DC: National Academy Press; 1996.
- National Council on Radiation Protection. Radiofrequency electromagnetic fields. Properties, quantities and units, biophysical interaction, and measurement. Washington, DC: National Council on Radiation Protection and Measurement; NCRP Report 67; 1981.
- National Council on Radiation Protection. A practical guide to the determination of human exposure to radiofrequency fields. Washington, DC: National Council on Radiation Protection and Measurement; NCRP Report 119; 1993.
- National Radiological Protection Board. Biological effects of exposure to non-ionising electromagnetic fields and radiation: III: Radiofrequency and microwave radiation. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; Report R-240; 1991.
- National Radiological Protection Board. Electromagnetic fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non-ionising Radiation. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB Documents 3(1); 1992.
- National Radiological Protection Board. Electromagnetic fields and the risk of cancer. Summary of the views of the Advisory Group on Non-ionising Radiation on epidemiological studies published since its 1992 report. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB Documents 4(5); 1993.
- National Radiological Protection Board. Health effects related to the use of visual display units. Report by the Advisory Group on Non-ionising Radiation. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB Documents 5(2); 1994a.
- National Radiological Protection Board. Electromagnetic fields and the risk of cancer. Supplementary report by the Advisory Group on Non-ionising Radiation of 12 April 1994. *Radiol. Prot. Bull.* 154:10-12; 1994b.
- Olsen, J. H.; Nielsen, A.; Schulgen, G. Residence near high-voltage facilities and the risk of cancer in children. *Danish Cancer Registry; AG-NIR*, 1-26; 1993.
- Oak Ridge Associated Universities. Health effects of low-frequency electric and magnetic fields. Oak Ridge, TN: Oak Ridge Associated Universities; ORAU 92/F9; 1992.
- Ouellet-Hellstrom, R.; Stewart, W. F. Miscarriages among female physical therapists, who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. *Am. J. Epidemiol.* 138:775-786; 1993.
- Phillips, J. L.; Haggren, W.; Thomas, W. J.; Ishida-Jones, T.; Adey, W. R. Magnetic field-induced changes in specific gene transcription. *Biochim. Biophys. Acta* 1132:140-144; 1992.
- Polk, C.; Postow, E. Biological effects of electromagnetic fields. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996.

- Polson, M. J. R.; Barker, A. T.; Freeston, I. L. Stimulation of nerve trunks with time-varying magnetic fields. *Med. Biol. Eng. Computing* 20:243–244; 1982.
- Postow, E.; Swicord, M. L. Modulated fields and 'window' effects. In: Polk, C.; Postow, E., eds. *Handbook of biological effects of electromagnetic fields*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996: 535–580.
- Preston-Martin, S.; Peters, J. M.; Yu, M. C.; Garabrant, D. H.; Bowman, J. D. Myelogenous leukemia and electric blanket use. *Bioelectromagnetics* 9:207–213; 1988.
- Preston-Martin, S.; Navidi, W.; Thomas, D.; Lee, P.-J.; Bowman, J.; Pogoda, J. Los Angeles study of residential magnetic fields and childhood brain tumors. *Am. J. Epidemiol.* 143:105–119; 1996a.
- Preston-Martin, S.; Gurney, J. G.; Pogoda, J. M.; Holly, E. A.; Mueller, B. A. Brain tumor risk in children in relation to use of electric blankets and water bed heaters: results from the United States West Coast Childhood Brain Tumor Study. *Am. J. Epidemiol.* 143:1116–1122; 1996b.
- Ramsey, J. D.; Kwon, Y. C. Simplified decision rules for predicting performance loss in the heat. In: *Proceedings Seminar on heat stress indices*. Luxembourg: CEC; 1988.
- Rannug, A.; Ekström, T.; Mild, K. H.; Holmberg, B.; Gimenez-Conti, I.; Slaga, T. J. A study on skin tumour formation in mice with 50 Hz magnetic field exposure. *Carcinogenesis* 14:573–578; 1993a.
- Rannug, A.; Holmberg, B.; Ekström, T.; Mild, K. H. Rat liver foci study on coexposure with 50 Hz magnetic fields and known carcinogens. *Bioelectromagnetics* 14:17–27; 1993b.
- Rannug, A.; Holmberg, B.; Mild, K. H. A rat liver foci promotion study with 50-Hz magnetic fields. *Environ. Res.* 62:223–229; 1993c.
- Rannug, A.; Holmberg, B.; Ekström, T.; Mild, K. H.; Gimenez-Conti, I.; Slaga, T. J. Intermittent 50 Hz magnetic field and skin tumour promotion in Sencar mice. *Carcinogenesis* 15:153–157; 1994.
- Reilly, J. P. Peripheral nerve stimulation by induced electric currents: exposure to time-varying magnetic fields. *Med. Biol. Eng. Computing* 3:101–109; 1989.
- Reilly, J. P. *Electrical stimulation and electropathology*. Cambridge, MA: Cambridge University Press; 1992.
- Repacholi, M. H. Low-level exposure to radiofrequency fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* 19:1–19; 1998.
- Repacholi, M. H.; Stolwijk, J. A. J. Criteria for evaluating scientific literature and developing exposure limits. *Rad. Protect. Australia* 9:79–84; 1991.
- Repacholi, M. H.; Cardis, E. Criteria for EMF health risk assessment. *Rad. Protect. Dosim.* 72:305–312; 1997.
- Repacholi, M. H.; Basten, A.; Gebiski, V.; Noonan, D.; Finnie, J.; Harris, A. W. Lymphomas in E μ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Rad. Res.* 147:631–640; 1997.
- Robinette, C. D.; Silverman, C.; Jablon, S. Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar). *Am. J. Epidemiol.* 112:39–53; 1980.
- Rothman, K. J.; Chou, C. K.; Morgan, R.; Balzano, Q.; Guy, A. W.; Funch, D. P.; Preston-Martin, S.; Mandel, J.; Steffens, R.; Carlo, G. Assessment of cellular telephone and other radio frequency exposure for epidemiologic research. *Epidemiology* 7:291–298; 1996a.
- Rothman, K. J.; Loughlin, J. E.; Funch, D. P.; Dreyer, N. A. Overall mortality of cellular telephone customers. *Epidemiology* 7:303–305; 1996b.
- Ruppe, I.; Hentschel, K.; Eggert, S.; Goltz, S. Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von 50 Hz Magnetfeldern. *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin*, Fb 11.003; 1995 (in German).
- Saffer, J. D.; Thurston, S. J. Cancer risk and electromagnetic fields. *Nature* 375:22–23; 1995.
- Salford, L. G.; Brun, A.; Eberhardt, J. L. Experimental studies of brain tumor development during exposure to continuous and pulsed 915 MHz radiofrequency radiation. *Bioelectrochem. Bioenerg.* 30:313–318; 1993.
- Sander, R.; Brinkmann, J.; Kühne, B. Laboratory studies on animals and human beings exposed to 50 Hz electric and magnetic fields. CIGRE, International Congress on Large High Voltage Electric Systems, Paris, 1–9 September; CIGRE Paper 36–01; 1982.
- Santini, R.; Hosni, M.; Deschaux, P.; Packeco, H. B16 melanoma development in black mice exposed to low-level microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 9:105–107; 1988.
- Sarkar, S.; Ali, S.; Behari, J. Effect of low power microwave on the mouse genome: a direct DNA analysis. *Mutation Res.* 320:141–147; 1994.
- Savitz, D. A. Overview of epidemiological research on electric and magnetic fields and cancer. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 54:197–204; 1993.
- Savitz, D. A.; Ahlbom, A. Epidemiologic evidence on cancer in relation to residential and occupational exposure. In: *Biologic effects of electric and magnetic fields*, Vol. 2. New York: Academic Press; 1994: 233–262.
- Savitz, D. A.; Loomis, D. P. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 141:123–134; 1995.
- Savitz, D. A.; Wachtel, H.; Barnes, F. A.; John, E. M.; Tvrdik, J. G. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 128:21–38; 1988.
- Savitz, D. A.; John, E. M.; Kleckner, R. C. Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 131:763–773; 1990.
- Schnorr, T. M.; Grajewski, B. A.; Hornung, R. W.; Thun, M. J.; Egeland, G. M.; Murray, W. E.; Conover, D. L.; Halperin, W. E. Video display terminals and the risk of spontaneous abortion. *New Eng. J. Med.* 324:727–733; 1991.
- Schreiber, G. H.; Swaen, G. M.; Meijers, J. M.; Slangen, J. J.; Sturmans, F. Cancer mortality and residence near electricity transmission equipment: a retrospective cohort study. *Int. J. Epidemiol.* 22:9–15; 1993.
- Selmaoui, B.; Lambrozo, J.; Touitou, Y. Magnetic fields and pineal function in humans: evaluation of nocturnal acute exposure to extremely low frequency magnetic fields on serum melatonin and urinary 6-sulfatoxymelatonin circadian rhythms. *Life Sci.* 58:1539–1549; 1996.
- Selvin, S.; Schulman, J.; Merrill, D. W. Distance and risk measures for the analysis of spatial data: a study of childhood cancers. *Soc. Sci. Med.* 34:769–777; 1992.
- Severson, R. K.; Stevens, R. G.; Kaune, W. T.; Thomas, D. B.; Houser, L.; Davis, S.; Sever, L. E. Acute nonlymphocytic leukemia and residential exposure to power frequency magnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 128:10–20; 1988.
- Shaw, G. W.; Croen, L. A. Human adverse reproductive outcomes and electromagnetic fields exposures: review of epidemiologic studies. *Environ. Health Persp.* 101:107–119; 1993.

- Shellock, F. G.; Crues, J. V. Temperature, heart rate, and blood pressure changes associated with clinical imaging at 1.5 T. *Radiology* 163:259–262; 1987.
- Sienkiewicz, Z. J.; Saunders, R. D.; Kowalczyk, C. I. The biological effects of exposure to non-ionising electromagnetic fields and radiation: II Extremely low frequency electric and magnetic fields. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB R239; 1991.
- Sienkiewicz, Z. J.; Cridland, N. A.; Kowalczyk, C. I.; Saunders, R. D. Biological effects of electromagnetic fields and radiations. In: Stone, W. R.; Hyde, G., eds. *The review of radio science: 1990–1992*. Oxford: Oxford University Press; 1993: 737–770.
- Silny, J. The influence threshold of a time-varying magnetic field in the human organism. In: Bernhardt, J. H., ed. *Biological effects of static and extremely-low-frequency magnetic fields*. Munich: MMV Medizin Verlag; 1986: 105–112.
- Slinney, D.; Wolbarsht, M. Safety with laser and other optical sources. London: Plenum Press; 1980.
- Sobel, E.; Davanipour, Z. EMF exposure may cause increased production of amyloid beta and eventually lead to Alzheimer's disease. *Neurology* 47:1594–1600; 1996.
- Stern, S.; Margolin, L.; Weiss, B.; Lu, S. T.; Michaelson, S. M. Microwaves: effects on thermoregulatory behavior in rats. *Science* 206:1198–1201; 1979.
- Stevens, R. G. Electric power use and breast cancer: a hypothesis. *Am. J. Epidemiol.* 125:556–561; 1987.
- Stevens, R. G.; Davis, S.; Thomas, D. B.; Anderson, L. E.; Wilson, B. W. Electric power, pineal function and the risk of breast cancer. *The FASEB Journal* 6:853–860; 1992.
- Stevens, R. G.; Davis, S. The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer. *Environ. Health Persp.* 104(Suppl. 1):135–140; 1996.
- Stollery, B. T. Effects of 50 Hz electric currents on mood and verbal reasoning skills. *Br. J. Ind. Med.* 43:339–349; 1986.
- Stollery, B. T. Effects of 50 Hz electric currents on vigilance and concentration. *Br. J. Ind. Med.* 44:111–118; 1987.
- Stuchly, M. A.; McLean, J. R. N.; Burnett, R.; Goddard, M.; Lecuyer, D. W.; Mitchel, R. E. J. Modification of tumor promotion in the mouse skin by exposure to an alternating magnetic field. *Cancer Letters* 65:1–7; 1992.
- Stuchly, M. A.; Xi, W. Modelling induced currents in biological cells exposed to low-frequency magnetic fields. *Phys. Med. Biol.* 39:1319–1330; 1994.
- Szmigielski, S. Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation. *Sci. Tot. Environ.* 180:9–17; 1996.
- Szmigielski, S.; Szudinski, A.; Pietraszek, A.; Bielec, M.; Wrembel, J. K. Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450-MHz microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 3:179–191; 1982.
- Szmigielski, S.; Bielec, M.; Lipski, S.; Sokolska, G. Immunologic and cancer-related aspects of exposure to low-level microwave and radiofrequency fields. In: Marino, A. A., ed. *Modern bioelectricity*. New York: Marcel Dekker; 1988: 861–925.
- Tenforde, T. S. Biological interactions and human health effects of extremely-low-frequency magnetic fields. In: Anderson, L. E.; Stevens, R. G.; Wilson, B. W., eds. *Extremely low-frequency electromagnetic fields: the question of cancer*. Columbia, OH: Battelle Press; 1990: 291–315.
- Tenforde, T. S. Biological interactions of extremely-low-frequency electric and magnetic fields. *Bioelectrochem. Bioenerg.* 25:1–17; 1991.
- Tenforde, T. S. Biological interactions and potential health effects of extremely-low-frequency magnetic fields from power lines and other common sources. *Ann. Rev. Public Health* 13:173–196; 1992.
- Tenforde, T. S. Cellular and molecular pathways of extremely-low-frequency electromagnetic field interactions with living systems. In: Blank, M., ed. *Electricity and magnetism in biology and medicine*. San Francisco, CA: San Francisco Press; 1993: 1–8.
- Tenforde, T. S. Interaction of ELF magnetic fields with living systems. In: Polk, C.; Postow, E., eds. *Biological effects of electromagnetic fields*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996: 185–230.
- Tenforde, T. S.; Kaune, W. T. Interaction of extremely low frequency electric and magnetic fields with humans. *Health Phys.* 53:585–606; 1987.
- Thériault, G.; Goldberg, M.; Miller, A. B.; Armstrong, B.; Guénel, P.; Deadman, J.; Imbernon, E.; To, T.; Chevalier, A.; Cyr, D.; Wall, C. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France—1970–1989. *Am. J. Epidemiol.* 139:550–572; 1994.
- Tofani, S.; d'Amore, G.; Fiandino, G.; Benedetto, A.; Gandhi, O. P.; Chen, J. Y. Induced foot-currents in humans exposed to VHF radio-frequency EM fields. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 37:96; 1995.
- Tomenius, L. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm county. *Bioelectromagnetics* 7:191–207; 1986.
- Tynes, T.; Andersen, A.; Langmark, F. Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 136:81–88; 1992.
- Tynes, T.; Haldorsen, T. Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high-voltage power lines. *Am. J. Epidemiol.* 145:219–226; 1997.
- Ueno, S. Biological effects of magnetic and electromagnetic fields. New York: Plenum Press; 1996.
- United Nations Environment Programme/World Health Organization/International Radiation Protection Association. Extremely low frequency (ELF) fields. Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 35; 1984.
- United Nations Environment Programme/World Health Organization/International Radiation Protection Association. Magnetic fields. Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 69; 1987.
- United Nations Environment Programme/World Health Organization/International Radiation Protection Association. Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz). Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 137; 1993.
- Vena, J. E.; Graham, S.; Hellman, R.; Swanson, M.; Brasure, J. Use of electric blankets and risk of post-menopausal breast cancer. *Am. J. Epidemiol.* 134:180–185; 1991.
- Vena, J. E.; Freudenheim, J. L.; Marshall, J. R.; Laughlin, R.; Swanson, M.; Graham, S. Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets. *Am. J. Epidemiol.* 140:974–979; 1994.
- Verkasalo, P. K. Magnetic fields and leukemia: risk for adults living next to power lines. *Scand. J. Work Environ. Health* 22(Suppl. 2):7–55; 1996.
- Verkasalo, P. K.; Pukkala, E.; Hongisto, M. Y.; Valjus, J. E.; Jörvinen, P. J.; Heikkilä, K. V.; Koskenvuo, M. Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *Br. Med. J.* 307:895–899; 1993.

- Verkasalo, P. K.; Pukkala, E.; Kaprio, J.; Heikkilä, K. V.; Koskenvuo, M. Magnetic fields of high voltage power lines and risk of cancer in Finnish adults: nationwide cohort study. *Br. Med. J.* 313:1047–1051; 1996.
- Verreault, R.; Weiss, N. S.; Hollenbach, K. A.; Strader, C. H.; Daling, J. R. Use of electric blankets and risk of testicular cancer. *Am. J. Epidemiol.* 131:759–762; 1990.
- Wallaczek, J. Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signalling. *The FASEB Journal* 6:3177–3185; 1992.
- Wallaczek, J.; Liburdy, R. P. Nonthermal 60 Hz sinusoidal magnetic-field exposure enhances $^{45}\text{Ca}^{2+}$ uptake in rat thymocytes: dependence on mitogen activation. *FEBS Letters* 271:157–160; 1990.
- Wertheimer, N.; Leeper, E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 109:273–284; 1979.
- Williams, G. M. Comment on “Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells” by Henry Lai and Narendra P. Singh. *Bioelectromagnetics* 17:165; 1996.
- Xi, W.; Stuchly, M. A. High spatial resolution analysis of electric currents induced in men by ELF magnetic fields. *Appl. Comput. Electromagn. Soc. J.* 9:127–134; 1994.

APPENDIX

Glossary

Absorption. In radio wave propagation, attenuation of a radio wave due to dissipation of its energy, i.e., conversion of its energy into another form, such as heat.

Athermal effect. Any effect of electromagnetic energy on a body that is not a heat-related effect.

Blood-brain barrier. A functional concept developed to explain why many substances that are transported by blood readily enter other tissues but do not enter the brain; the “barrier” functions as if it were a continuous membrane lining the vasculature of the brain. These brain capillary endothelial cells form a nearly continuous barrier to entry of substances into the brain from the vasculature.

Conductance. The reciprocal of resistance. Expressed in siemens (S).

Conductivity, electrical. The scalar or vector quantity which, when multiplied by the electric field strength, yields the conduction current density; it is the reciprocal of resistivity. Expressed in siemens per meter (S m^{-1}).

Continuous wave. A wave whose successive oscillations are identical under steady-state conditions.

Current density. A vector of which the integral over a given surface is equal to the current flowing through the surface; the mean density in a linear conductor is equal to the current divided by the cross-sectional area of the conductor. Expressed in ampere per square meter (A m^{-2}).

Depth of penetration. For a plane wave electromagnetic field (EMF), incident on the boundary of a good conductor, depth of penetration of the wave is the depth at which the field strength of the wave has been reduced to $1/e$, or to approximately 37% of its original value.

Dielectric constant. See permittivity.

Dosimetry. Measurement, or determination by calculation, of internal electric field strength or induced current density, of the specific energy absorption, or specific energy absorption rate distribution, in humans or animals exposed to electromagnetic fields.

Electric field strength. The force (E) on a stationary unit positive charge at a point in an electric field; measured in volt per meter (V m^{-1}).

Electromagnetic energy. The energy stored in an electromagnetic field. Expressed in joule (J).

ELF. Extremely low frequency; frequency below 300 Hz.

EMF. Electric, magnetic, and electromagnetic fields.

Far field. The region where the distance from a radiating antenna exceeds the wavelength of the radiated EMF; in the far-field, field components (E and H) and the direction of propagation are mutually perpendicular, and the shape of the field pattern is independent of the distance from the source at which it is taken.

Frequency. The number of sinusoidal cycles completed by electromagnetic waves in 1 s; usually expressed in hertz (Hz).

Impedance, wave. The ratio of the complex number (vector) representing the transverse electric field at a point to that representing the transverse magnetic field at that point. Expressed in ohm (Ω).

Magnetic field strength. An axial vector quantity, H, which, together with magnetic flux density, specifies a magnetic field at any point in space, and is expressed in ampere per meter (A m^{-1}).

Magnetic flux density. A vector field quantity, B , that results in a force that acts on a moving charge or charges, and is expressed in tesla (T).

Magnetic permeability. The scalar or vector quantity which, when multiplied by the magnetic field strength, yields magnetic flux density; expressed in henry per meter ($H\ m^{-1}$). *Note:* For isotropic media, magnetic permeability is a scalar; for anisotropic media, it is a tensor quantity.

Microwaves. Electromagnetic radiation of sufficiently short wavelength for which practical use can be made of waveguide and associated cavity techniques in its transmission and reception. *Note:* The term is taken to signify radiations or fields having a frequency range of 300 MHz–300 GHz.

Near field. The region where the distance from a radiating antenna is less than the wavelength of the radiated EMF. *Note:* The magnetic field strength (multiplied by the impedance of space) and the electric field strength are unequal and, at distances less than one-tenth of a wavelength from an antenna, vary inversely as the square or cube of the distance if the antenna is small compared with this distance.

Non-ionizing radiation (NIR). Includes all radiations and fields of the electromagnetic spectrum that do not normally have sufficient energy to produce ionization in matter; characterized by energy per photon less than about 12 eV, wavelengths greater than 100 nm, and frequencies lower than 3×10^{15} Hz.

Occupational exposure. All exposure to EMF experienced by individuals in the course of performing their work.

Permittivity. A constant defining the influence of an isotropic medium on the forces of attraction or repulsion between electrified bodies, and expressed in farad per metre ($F\ m^{-1}$); *relative permittivity* is the permittivity of a material or medium divided by the permittivity of vacuum.

Plane wave. An electromagnetic wave in which the electric and magnetic field vectors lie in a plane perpendicular to the direction of wave propagation, and the

magnetic field strength (multiplied by the impedance of space) and the electric field strength are equal.

Power density. In radio wave propagation, the power crossing a unit area normal to the direction of wave propagation; expressed in watt per square meter ($W\ m^{-2}$).

Public exposure. All exposure to EMF experienced by members of the general public, excluding occupational exposure and exposure during medical procedures.

Radiofrequency (RF). Any frequency at which electromagnetic radiation is useful for telecommunication. *Note:* In this publication, radiofrequency refers to the frequency range 300 Hz–300 GHz.

Resonance. The change in amplitude occurring as the frequency of the wave approaches or coincides with a natural frequency of the medium; whole-body absorption of electromagnetic waves presents its highest value, i.e., the resonance, for frequencies (in MHz) corresponding approximately to $114/L$, where L is the height of the individual in meters.

Root mean square (rms). Certain electrical effects are proportional to the square root of the mean of the square of a periodic function (over one period). This value is known as the effective, or root-mean-square (rms) value, since it is derived by first squaring the function, determining the mean value of the squares obtained, and taking the square root of that mean value.

Specific energy absorption. The energy absorbed per unit mass of biological tissue, (SA) expressed in joule per kilogram ($J\ kg^{-1}$); specific energy absorption is the time integral of specific energy absorption rate.

Specific energy absorption rate (SAR). The rate at which energy is absorbed in body tissues, in watt per kilogram ($W\ kg^{-1}$); SAR is the dosimetric measure that has been widely adopted at frequencies above about 100 kHz.

Wavelength. The distance between two successive points of a periodic wave in the direction of propagation, at which the oscillation has the same phase. ■ ■

Note

Equation 11 in this publication (Health Physics, 1998) was subsequently amended by the ICNIRP Commission in the 1999 reference book "Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation", a reference book based on guidelines on limiting exposure to non-ionizing radiation and statements on special applications. R. Matthes, J.H. Bernhardt, A.F. McKinlay (eds.) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1999, ISBN 3-9804789-6-3. The amended version is available below.

"For limb current and contact current, respectively, the following requirements should be applied:

$$\sum_{k=10\text{MHz}}^{110\text{MHz}} \left(\frac{I_k}{I_{L,k}} \right)^2 \leq I \quad \sum_{n=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{I_n}{I_{C,n}} \leq I \quad \sum_{n=100\text{kHz}}^{110\text{MHz}} \left(\frac{I_n}{I_{C,n}} \right)^2 \leq I \quad (11)$$

where

I_k is the limb current component at frequency k

$I_{L,k}$ is the reference level of limb current (see Table 9)

I_n is the contact current component at frequency n

$I_{C,n}$ is the reference level of contact current at frequency n (see Table 8).

The above summation formulae assume worst-case conditions among the fields from the multiple sources. As a result, typical exposure situations may in practice require less restrictive exposure levels than indicated by the above formulae for the reference levels."

Ref: Excerpt from "Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation", a reference book based on guidelines on limiting exposure to non-ionizing radiation and statements on special applications. R. Matthes, J.H. Bernhardt, A.F. McKinlay (eds.) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1999, ISBN 3-9804789-6-3.

**RESPONSE TO QUESTIONS AND COMMENTS ON THE
GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE
TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND
ELECTROMAGNETIC FIELDS (up to 300 GHz)***

- 1) *Question:* What dosimetric models were used by ICNIRP to derive the reference levels from the basic restrictions?

Answer: To a limited extent, the ICNIRP guidelines provide a description of the dosimetric models that were used, and give references to the primary literature describing these models in detail. However, for purposes of brevity, ICNIRP decided not to include a detailed discussion of these dosimetric models in its published guidelines.

- 2) *Question:* On which specific data are the guidelines for magnetic fields at frequencies less than 4 Hz based?

Answer: The guidelines for magnetic fields below 4 Hz are ramped in a manner that joins the ELF reference levels with the values previously recommended by ICNIRP for static fields, i.e., at 0 Hz (ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Physics 66:100-106; 1994), and they are not based on specific biological studies.

- 3) *Question:* Why was 10 g chosen as the averaging mass without defining a regular tissue geometry?

Answer: The 10 g of tissue is intended to be a mass of contiguous tissue with nearly homogeneous electrical properties. In specifying a contiguous mass of tissue, ICNIRP recognizes that this concept can be used in computational dosimetry, but may present difficulties for direct physical measurements. A simple geometry such as a cubic tissue mass can be used provided that the calculated dosimetric quantities have conservative values relative to the exposure guidelines.

- 4) *Question:* Is the 10 g averaging mass appropriate for the limbs of the body?

Answer: ICNIRP recognizes that, under certain exposure conditions, the localized SAR basic restrictions for occupational and general public exposures may be exceeded in the wrist by a small amount. However, this condition is not

* This response was published in Health Physics 75 (4), 438-439; 1998

considered to present any significant health risk.

- 5) *Question:* Would exposure to RF fields at the reference levels recommended for workers or members of the general public lead to an increase in body temperature?

Answer: Adherence to the ICNIRP guidelines under either occupational or public exposure conditions would prevent an increase in temperature to levels that lie outside of the normal range of variation associated with body functions.

- 6) *Question:* Under certain circumstances, the fields emanating from appliances and machine tools can exceed the ICNIRP reference levels. Is there a problem with adhering to the ICNIRP guidelines under these circumstances?

Answer: ICNIRP recognizes that a number of common devices emit localized fields in excess of the reference levels. However, this generally occurs under conditions of exposure where the basic restrictions are not exceeded because of weak coupling between the field and the body.

- 7) *Question:* What is the rationale for recommending a public exposure guideline of 5 kV m^{-1} at 50 Hz and 4.17 at 60 Hz?

Answer: The reference levels for electric fields at power frequencies were set to limit indirect effects of contact with electrical conductors in the field. Provided that adverse health impacts of indirect effects of exposure (such as microshocks) can be avoided, ICNIRP recognizes that the general public reference levels at power frequencies can be exceeded provided that the basic restriction of 2 mA m^{-2} is not surpassed. In many practical exposure situations external power frequency electric fields at the reference levels will induce current densities in central nervous tissues that are well below the basic restrictions. Recent dosimetry calculations indicate that the reference levels for power-frequency magnetic fields are conservative guidelines relative to meeting the basic restrictions on current density for both public and occupational exposures (Dimbylow, P.J. Induced current densities from low-frequency magnetic fields in a 2 mm resolution, anatomically realistic model of the body. Phys. Med. Biol. 43:221-230; 1998).

- 8) *Question:* Why did ICNIRP not recommend guidelines for pulsed and/or transient fields at low frequencies?

Answer: ICNIRP has provided frequency-dependent basic restrictions and reference levels from which a hazard assessment and exposure guidelines on

pulsed and/or transient sources can be derived. A conservative approach involves representing a pulsed or transient EMF signal as a Fourier spectrum of its components in each frequency range, which can then be compared with the ICNIRP reference levels for those frequencies. The summation formulae for simultaneous exposure to multiple frequency fields given in the ICNIRP guidelines can also be applied for purposes of determining compliance with the ICNIRP basic restrictions.

- 9) *Question:* Why does ICNIRP not recommend higher basic restrictions or reference levels on exposure to ELF fields when exposures are of short duration?

Answer: The basic restrictions for ELF fields are based on established adverse effects on the central nervous system with a safety factor included. Such acute effects are essentially instantaneous, and it is ICNIRP's view that there is no scientific justification to modify the basic restrictions for exposures of short duration.

- 10) *Question:* Is the basic restriction of 10 mA m^{-2} based only on the threshold for acute effects in the central nervous system, or does it apply to other tissues in the trunk of the body?

Answer: The basic restriction of 10 mA m^{-2} is intended to protect against acute exposure effects on central nervous system tissues in the head and trunk of the body, with a safety factor of 10. ICNIRP recognizes that this basic restriction may permit higher current densities in body tissues other than the central nervous system under the same exposure conditions.

- 11) *Question:* Why are there no averaging times for induced and contact currents at low frequencies?

Answer: ICNIRP has not included time averaging or limitations on the time of exposure to fields at low frequencies because the known effects of induced and contact currents at those frequencies are acute phenomena involving a rapid response of the nervous system.

- 12) *Question:* Does ICNIRP intend to modify its guidelines at 300 GHz to remove the discontinuity that occurs at this frequency between the EMF guidelines and the recently published laser guidelines (ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and $1,000 \mu\text{m}$, Health Physics 71:804-819; 1997)?

Answer: ICNIRP recognizes that a discontinuity exists in the EMF guidelines at

300 GHz relative to the exposure limits at this frequency in the recently published laser radiation guidelines. This difficulty will be addressed by ICNIRP as more experimental evidence becomes available upon which to base a revision of the guidelines at this frequency. It should be noted that, at the present time, there are no sources of radiation at this frequency to which workers or members of the general public are exposed.

- 13) *Question:* What is the basis for the added safety factors used for basic restrictions and reference levels for the general public relative to workers?

Answer: The safety factors used by ICNIRP are conservative, and were selected for reasons given in the published guidelines (p. 508).

- 14) *Question:* Are there scientific data indicating a variation in sensitivity to EMF among individual workers or members of the general public?

Answer: ICNIRP is aware of scientific data on variations among individuals in electrical and thermal sensitivity, and in accord with conventional health protection principles, has applied safety factors that encompass a possible range of individual sensitivities to EMF.

- 15) *Question:* It is not clear how the EMF guidelines should be applied to exposure of the fetus, especially when the mother is at work. Would the mother be subject to the general public exposure guidelines, and in certain cases, have to cease work during pregnancy as a result?

Answer: ICNIRP recognizes that exposure of the fetus and pregnant mother may require evaluation on a case-by-case basis. Exposure of the fetus and pregnant mother is an issue that should be dealt with on the basis of either national policy or administrative rules established by individual employers.

- 16) *Question:* For devices utilized in both occupational and public settings, how is the user of the ICNIRP guidelines to decide which set of basic restrictions apply?

Answer: This decision is to be made on the basis of administrative policies established by the specific organization using the ICNIRP guidelines.

- 17) *Question:* Are farm workers in fields under powerlines expected to adhere to occupational or general public exposure guidelines?

Answer: ICNIRP recognizes that differences exist in national policies on occupational versus public exposures under this (and similar) conditions. In its

ICNIRP GUIDELINES ON LIMITING EXPOSURE TO NON-IONIZING RADIATION

guidelines ICNIRP has defined occupational and public exposures in general terms. However, for exposure situations such as the above, it is ICNIRP's opinion that authorities in each country should decide on whether occupational or general public guidelines are to be applied in accord with existing policies.

Apéndice C: Decreto Supremo N°038-2003-MTC

Pág. 247642 **El Peruano** **NORMAS LEGALES**

Lima, domingo 6 de julio de 2003

Artículo 5°.- El incumplimiento de lo establecido en el artículo 3°, será causal de caducidad del derecho otorgado por el artículo 2° de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

FLOR MARÍA ALVARADO BARRIGA
Directora Nacional de Extracción y
Procesamiento Pesquero

12827

TRABAJO Y PROMOCIÓN DEL EMPLEO

Aprueban Manual de Organización y Funciones de la Unidad Ejecutora 001: Ministerio de Trabajo - Oficina de Administración

RESOLUCIÓN DEL SECRETARIO GENERAL
N° 201-2003-TR/SG

Lima, 27 de junio de 2003

VISTO: El Oficio N° 231-2003-SG/OPP de la Oficina de Planificación y Presupuesto, Informe N° 05-2003-ORA/ORA de la Oficina de Racionalización e Informe N° 453-2003-MTPE/OAJ/OAAL de la Oficina de Asesoría Jurídica;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Informe N° 05-2003-ORA/ORA la Oficina de Racionalización de la Oficina de Planificación y Presupuesto, informa que ha formulado el Manual de Organización y Funciones de la Unidad Ejecutora 001: Ministerio de Trabajo - Oficina de Administración, de acuerdo a las normas técnicas y metodológicas vigentes, de las funciones específicas de los cargos clasificados en el Cuadro Analítico de Personal, aprobado por Resolución Suprema N° 018-2002-TR;

Que, el Manual de Organización y Funciones, constituye un documento de gestión institucional que define la organización, el organigrama y las funciones específicas que deberá cumplir el personal que labora en el Ministerio, titulares y/o encargados de los cargos clasificados del Cuadro Analítico de Personal (CAP) Institucional;

Que, en consecuencia resulta necesario expedir el acto administrativo correspondiente para su aprobación;

Con las visaciones de los Directores Generales de las Oficinas de Asesoría Jurídica, Administración y Planificación y Presupuesto; y,

De conformidad con Ley N° 27711, Ley del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, su Reglamento aprobado por Resolución Ministerial N° 173-2002-TR, su modificatoria Resolución Ministerial N° 341-2002-PCM, Directiva N° 001-95-INAP/DNR; y,

En uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 353-2002-TR;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar el MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES - MOF de la Unidad Ejecutora 001: Ministerio de Trabajo - Oficina de Administración, la misma que consta de 45 Títulos y 33 Capítulos, que en 588 páginas habilitadas forman parte de la presente resolución, incluido el Organigrama Estructurado, hasta el tercer nivel organizacional.

Artículo 2°.- La Oficina de Administración brindará las facilidades y el apoyo logístico necesario para que la Oficina de Racionalización de la Oficina de Planificación y Presupuesto, realice la reproducción y difusión del Manual de Organización y Funciones a las dependencias del Sector.

Artículo 3°.- El proceso de actualización y/o modificación del Manual de Organización y Funciones - MOF, requiere de la participación activa de los jefes y personal

encargado de las oficinas, contando para el asesoramiento y dirección metodológica de la Oficina de Racionalización del Sector.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALEJANDRO JIMÉNEZ MORALES
Secretario General

12701

TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Establecen Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones

DECRETO SUPREMO
N° 038-2003-MTC

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2° inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, constituyendo un derecho humano fundamental y exigible de conformidad con los compromisos internacionales suscritos por el Estado;

Que, el artículo 67° de la Constitución Política del Perú señala que es función del Estado determinar la política nacional del ambiente;

Que, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Decreto Legislativo N° 613, en el artículo I de su Título Preliminar, establece que es obligación de todas las personas la conservación del ambiente y consagra la obligación del Estado de prevenir y controlar cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que puedan interferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad;

Que, el artículo 50° del Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, modificado por la Ley N° 26734, establece que las autoridades sectoriales competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales son los Ministerios o los organismos fiscalizadores, según sea el caso, de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los Gobiernos Regionales y Locales conforme a lo dispuesto en la Constitución Política;

Que, de conformidad con el inciso a) del artículo 4° de la Ley N° 27791, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, corresponde al Ministerio de Transportes y Comunicaciones diseñar, normar y ejecutar la política de promoción y desarrollo del subsector comunicaciones;

Que, los Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones son un instrumento de gestión ambiental prioritario para prevenir y controlar la contaminación generada por actividades comprendidas en el subsector telecomunicaciones, sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible;

Que, de acuerdo al Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, Decreto Supremo N° 044-98-PCM, se aprobó el Programa Anual 1999 para estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles, encargándose al Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción la elaboración de los Límites Máximos Permisibles de Emisión de Radiaciones No Ionizantes del sector de telecomunicaciones;

Lima, domingo 6 de julio de 2003

NORMAS LEGALES **El Peruano** Pág. 247643

Que, habiendo presentado el Viceministerio de Comunicaciones el proyecto de norma y los estudios técnicos que la sustentan al Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, y luego de su revisión por la Comisión Ambiental Transectorial, fue publicado en el Diario Oficial El Peruano, el 24 de diciembre de 2002, el Proyecto de Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones;

Que, habiendo sido recibidas las observaciones y sugerencias al referido proyecto de norma y luego de su evaluación, el proyecto reformulado fue remitido a la Presidencia de Consejo de Ministros para su aprobación;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

DECRETA:

Artículo 1°.- Finalidad

La presente norma tiene por finalidad establecer los Límites Máximos Permisibles (LMP) de Radiaciones No Ionizantes (RNI) en Telecomunicaciones, su monitoreo, control y demás regulaciones para el efectivo cumplimiento de los límites que establece la presente norma.

Artículo 2°.- Ámbito de aplicación

La presente norma se aplicará en todo el territorio de la República del Perú y su cumplimiento es obligatorio por el Estado y las personas naturales y jurídicas, nacionales y extranjeras que realicen actividades de telecomunicaciones utilizando espectro radioeléctrico y, cuya emisión de Campos Electromagnéticos (EMF), de sus equipos de telecomunicaciones, se encuentre entre las frecuencias de 9 kHz a 300 GHz.

Para efectos de la aplicación del presente artículo se entenderá como actividades de telecomunicaciones la instalación, operación, importación, fabricación, distribución, comercialización y venta de equipos de telecomunicaciones.

Artículo 3°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones

Apruébese y adóptese como Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones, los valores establecidos como niveles de referencia por la Comisión Internacional de Protección en Radiaciones No Ionizantes - ICNIRP, tal como se muestran en las tablas siguientes:

a) Para exposición ocupacional:

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
9 - 65 KHz	610	24.4	-
0,065 - 1 MHz	610	1,6 / f	-
1 - 10 MHz	610 / f	1,6 / f	-
10 - 400 MHz	61	0,16	10
400 - 2000 MHz	3 f ^{0.5}	0,008 f ^{0.5}	f / 40
2 - 300 GHz	137	0,36	50

b) Para exposición poblacional:

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
9 - 150 KHz	87	5	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73f	-
1-10 MHz	87 / f ^{0.5}	0,73f	-
10-400 MHz	28	-	-
400-2000 MHz	1,375 f ^{0.5}	0,0037 f ^{0.5}	f / 200
2 - 300 GHz	61	0,16	10

3.1 El valor de la frecuencia "f" debe estar en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencias.

3.2 Los límites de exposición establecidos se refieren a las medias temporales y espaciales de las magnitudes indicadas.

3.3 Para las frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz el período de tiempo a ser utilizado para el cálculo es de 6 minutos.

3.4 Para las frecuencias superiores a 10 GHz, el período de tiempo a ser utilizado para el cálculo es de 68 / f^{0.5} minutos. (f en GHz)

Los valores adoptados se expresan, para todos los efectos y en aplicación de la presente norma, conforme a las magnitudes físicas establecidas en el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú - SLUMP, descritos en la tabla adjunta.

MAGNITUD física	UNIDAD DE MEDIDA	
	Designación o denominación	SÍMBOLO INTERNACIONAL
Intensidad de Campo Magnético	AMPERIO POR METRO	A/m
Intensidad de Campo Eléctrico	Voltio por metro	V/m
Densidad de Potencia	vatio por metro cuadrado	W/m ²

Artículo 4°.- Obligaciones para los solicitantes de concesiones o autorizaciones

Los solicitantes de concesión o autorización para prestar servicios de telecomunicaciones que utilicen espectro radioeléctrico, están obligados a adjuntar a su solicitud un Estudio teórico de radiaciones no ionizantes por cada estación radioeléctrica a instalar, de acuerdo a los lineamientos que para tal fin dicte el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los Estudios teóricos de radiaciones no ionizantes a que se hace referencia en el párrafo precedente, estarán autorizados por persona natural o persona jurídica previamente inscrita ante el Registro que para tal efecto habilitará la Dirección General de Control y Supervisión de Telecomunicaciones.

Artículo 5°.- Obligaciones para los titulares de concesiones o autorizaciones vigentes

5.1. Los titulares de concesiones o autorizaciones vigentes adoptarán las medidas necesarias a efectos de garantizar que las radiaciones que emitan sus estaciones radioeléctricas, no excedan los valores establecidos como límites máximos permisibles establecidos en la presente norma.

El incumplimiento de esta obligación configurará una infracción muy grave, según lo dispuesto en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.

5.2. Los titulares de concesiones o autorizaciones vigentes que utilicen espectro radioeléctrico y cuyas estaciones radioeléctricas se encuentren en los supuestos contemplados en el cuadro siguiente, deben realizar semestralmente el monitoreo de sus estaciones radioeléctricas de acuerdo a los protocolos que para tal efecto dicte el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a fin de garantizar que las radiaciones que sus estaciones emitan no excedan los límites establecidos en la presente norma.

SERVICIO/SISTEMA	SE REQUIERE MONITOREO SI:
Servicio de buscapersonas (unidireccional y bidireccional)	La distancia de la antena a todo punto accesible por las personas es menor a 10 metros y PIRE mayor a 1230 vatios.
Servicio de telefonía móvil celular	
Servicio troncalizado	
Servicios privados (fijo y móvil)	
Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico	
Sistemas Multicanales Analógicos y Digitales por debajo de 1 GHz	
Servicio de Comunicaciones Personales	La distancia de la antena a todo punto accesible por las personas es menor a 10 metros y PIRE mayor a 1570 vatios.
Sistemas Multicanales Analógicos y Digitales por encima de 1 GHz	
Estaciones Terrenas pertenecientes al Servicio Fijo por Satélite	Ángulo de elevación de la antena menor a 25° o potencia del HPA mayor a 25 vatios o diámetro de la antena mayor a 3,6 metros.
Servicio de Radiodifusión	En todos los casos

Nota: La PIRE a verificar es la suma de las potencias correspondientes a cada uno de los canales que alimentan una antena omnidireccional o la suma de las potencias correspondientes a cada uno de los canales de cada sector en el caso de una antena sectorizada.

El incumplimiento de esta obligación configurará una infracción grave, según lo dispuesto en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.

El monitoreo a que se hace referencia en el párrafo precedente, estará autorizado por persona natural o persona jurídica no vinculada al titular de la autorización o concesión, previamente inscrita ante el registro a que se hace referencia en el artículo 4° del presente Decreto Supremo.

5.3. Los titulares de concesiones vigentes que deseen instalar nuevas estaciones radioeléctricas:

a. Si no requieren de la obtención del permiso de instalación para sus estaciones radioeléctricas conforme a lo previsto en el artículo 127-B° del Reglamento General de Telecomunicaciones, presentarán al Ministerio de Transportes y Comunicaciones el Estudio Teórico de Radiaciones No Ionizantes, de acuerdo a lo establecido en el artículo 4° del presente Decreto Supremo, antes de la instalación de la estación.

b. Si requieren de la obtención del permiso de instalación para sus estaciones presentarán al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el Estudio Teórico de Radiaciones No Ionizantes, de acuerdo a lo establecido en el artículo 4° del presente Decreto Supremo, adjunta a su solicitud de permiso.

5.4. Los titulares de autorizaciones para prestar el servicio de radiodifusión o servicio privado de telecomunicaciones, incluirán en el perfil del proyecto técnico anexo a su solicitud de autorización de cambio de ubicación o de cambio de potencia, el Estudio Teórico de Radiaciones No Ionizantes respectivo, según lo dispuesto en el artículo 4° de la presente norma.

Artículo 6°.- Autoridad Competente

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Control y Supervisión de Telecomunicaciones, supervisará el cumplimiento de lo establecido en la presente norma. Esta supervisión podrá ser realizada directamente por la referida Dirección General o a través de las entidades inspectoras previstas en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.

Artículo 7°.- Lineamientos de los métodos y procedimientos técnicos oficiales

Los lineamientos de los métodos y procedimientos técnicos oficiales para la evaluación del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles aprobados, son los señalados en el Anexo II del presente Decreto Supremo.

Artículo 8°.- Distancias de Seguridad

Las distancias de seguridad que se deben observar para la instalación de estaciones radioeléctricas son las señaladas en el Anexo III del presente Decreto Supremo.

Artículo 9°.- Señalización de advertencia

Las personas que realicen actividades de telecomunicaciones utilizando espectro radioeléctrico deben observar en la instalación de sus estaciones radioeléctricas las señales de advertencia contenidas en el Anexo IV del presente Decreto Supremo.

Artículo 10°.- Homologación y certificación de equipos

Los equipos a utilizarse para la medición de las radiaciones no ionizantes serán certificados por el órgano competente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los equipos terminales serán homologados por el órgano competente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, de conformidad con los valores establecidos en el Anexo II del presente Decreto Supremo.

Para la homologación de los equipos y aparatos de telecomunicaciones prevista en la Ley de Telecomunicaciones y su Reglamento General, se verificará que se cumpla con lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.

Artículo 11°.- Infracciones y Sanciones

Las infracciones referidas al incumplimiento de la presente norma son pasibles de las sanciones previstas en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.

Dichas sanciones serán aplicadas independientemente de la responsabilidad civil o penal que pudiera derivarse de la infracción cometida.

Artículo 12°.- Criterios para la Graduación de la Sanción aplicable

Serán aplicables los criterios para la graduación de la sanción establecidos por la Ley de Telecomunicaciones y su Reglamento General.

Artículo 13°.- Términos y Definiciones

En la aplicación de la presente norma deberá entenderse lo dispuesto en el Anexo I.

Disposiciones Complementarias y Transitorias.

Primera.- A efectos de complementar lo dispuesto en la presente norma y garantizar su cumplimiento, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones emitirá, en un plazo de seis (6) meses contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, las normas técnicas y directivas que sean necesarias, entre las que se encuentran:

- a. Procedimiento de supervisión y control;
- b. Procedimientos para la homologación de equipos terminales y para la certificación de equipos de medición de radiaciones no ionizantes;
- c. Protocolos de medición de radiaciones no ionizantes;
- d. Lineamientos para el desarrollo del Estudio Teórico de Radiaciones No Ionizantes;
- e. Directiva para la habilitación del registro de empresas autorizadas para la realización de Estudios Teóricos y Mediciones de Radiaciones no ionizantes;
- f. Norma técnica sobre restricciones radioeléctricas en áreas de uso público.

Segunda.- Para la revisión de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la presente norma, el Vice-ministerio de Comunicaciones, observará el trámite previsto en la Primera Disposición Complementaria del Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

Disposiciones Modificatorias.

Primera.- Incorpórese en el artículo 234° del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones el literal siguiente:

"c) El incumplimiento de la obligación de no exceder los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones"

Segunda.- Incorpórese en el artículo 236° del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones el literal siguiente:

"h) El incumplimiento de la obligación de realizar dentro del plazo previsto, el monitoreo periódico de las estaciones radioeléctricas a fin de garantizar que las radiaciones que emitan no excedan los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones"

Disposiciones Finales.-

Primera.- Los titulares de concesiones o autorizaciones para instalar y operar estaciones radioeléctricas, se adecuarán a las disposiciones pertinentes del presente Decreto Supremo, dentro de un plazo de doce (12) meses computado a partir del día siguiente de su entrada en vigencia.

Dentro del primer mes de culminado el período de adecuación, los titulares de concesiones y autorizaciones presentarán a la Dirección de Control y Supervisión de Telecomunicaciones el monitoreo de sus estaciones radioeléctricas que se encuentren en los supuestos contemplados en el artículo 5°.

Los expedientes en trámite a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, deberán presen-

tar el Estudio Teórico de Radiaciones No Ionizantes, siguiendo según corresponda el procedimiento previsto en los artículos 4º y 5º.

Segunda.- A efectos de lograr una efectiva supervisión en el cumplimiento de la presente norma, los gobiernos locales informarán a la Dirección General de Control y Supervisión de Telecomunicaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, sobre las licencias de funcionamiento de las instalaciones o locales donde se ubiquen estaciones radioeléctricas, en su jurisdicción, de acuerdo a las normas que establezca el Ministerio.

Tercera.- En materia de límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones, la única documentación exigible por cualquier autoridad es la establecida en el presente Decreto Supremo.

Cuarta.- El presente Decreto Supremo entrará en vigencia a partir de los seis (6) meses de su publicación.

Quinta.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros, el Ministro de Transportes y Comunicaciones y el Ministro de Salud.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los tres días del mes de julio del año dos mil tres.

ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

BEATRIZ MERINO LUCERO
Presidenta del Consejo de Ministros

EDUARDO IRIARTE JIMÉNEZ
Ministro de Transportes y Comunicaciones

ÁLVARO VIDAL RIVADENEYRA
Ministro de Salud

Anexo

Términos y Definiciones

ANTENA

Un dispositivo de radiación o receptor de energía de radiofrecuencia (RF).

CAMPO ELÉCTRICO

La región que rodea una carga eléctrica, en la cual la magnitud y dirección de la fuerza sobre una prueba de carga hipotética está definida en algún punto.

CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

El movimiento de cargas eléctricas en un conductor (como la antena de una emisora de radio o TV) origina ondas de campo eléctrico y magnético (denominadas ondas electromagnéticas) que se propagan a través del espacio vacío a la velocidad c de la luz ($c = 300\,000\,000$ Km/s).

Cuando en una región del espacio existe una energía electromagnética, se dice que en esa región hay un campo electromagnético, que se describe en términos de la intensidad de campo eléctrico (E) y/o la inducción magnética o densidad de flujo magnético (B) en esa posición. Para medir la intensidad de campo eléctrico se emplea la unidad "voltio/metro" mientras que para medir la densidad del flujo magnético se utiliza la unidad "tesla" (T) y a veces el Gauss (G). Un Tesla equivale a $10\,000$ Gauss.

CAMPO MAGNÉTICO

Región de espacio que rodea una carga en movimiento (i.e: en un conductor) siendo definida en cualquier punto por la fuerza a la que estaría expuesta otra hipotética carga en movimiento. Un campo magnético ejerce fuerza sobre partículas cargadas sólo si están en movimiento, y las partículas cargadas producen campos magnéticos sólo cuando están en movimiento.

DENSIDAD DE POTENCIA

La tasa de flujo de energía electromagnética por la unidad del área de superficie usualmente expresado en W/m^2 o mW/cm^2 ó $\mu W/cm^2$.

EXPOSICIÓN

El hecho de estar sometido a campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos, diferentes a aquellos que se originan debido a procesos fisiológicos en el cuerpo u otro fenómeno natural.

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

Se da con respecto a los campos de RF cuando las personas están expuestas como consecuencia de su ocupación y están completamente conscientes del potencial para exposición y pueden ejercer el control sobre el mismo. Los límites de Exposición Ocupacional también se aplican cuando sus niveles están sobre los límites poblacionales, con tal que la persona expuesta esté enteramente consciente del potencial de exposición y pueda ejercer el control abandonando el área o por algún medio conveniente.

EXPOSICIÓN POBLACIONAL

Se aplica para el público en general cuando las personas expuestas como consecuencia de su ocupación podrían no estar conscientes del potencial de la exposición o no puedan ejercer control sobre dicha exposición. Por lo tanto, el público en general siempre cae bajo esta categoría cuando la exposición no está relacionada con la ocupación.

GANANCIA DE ANTENA

El incremento en la potencia transmitida o recibida por una antena direccional cuando es comparado con una antena standard, la cual es usualmente una antena isotrópica ideal. La ganancia es una relación de potencias y podría ser expresado en decibeles (dB) o como un número adimensional.

INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Cantidad de campo vectorial que representa la fuerza producida por una carga de prueba positiva infinitesimal (q) en un punto, dividida entre el valor de dicha carga eléctrica. Se expresa en unidades de voltios sobre metro (V/m).

INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO

Campo vectorial igual a la densidad de flujo electromagnético dividida entre la permeabilidad del medio. Se expresa en unidades de amperios sobre metro (A/m).

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

LONGITUD DE ONDA (λ)

La longitud de onda (λ) de una onda electromagnética está relacionada con la frecuencia (f) y velocidad (v) por la expresión $\lambda = v/f$. En espacio libre la velocidad de una onda electromagnética es igual a la velocidad de la luz, por ejemplo, aproximadamente 3×10^8 m/s.

PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente)

Es el producto de la potencia suministrada a una antena por la ganancia de la antena, en una dirección dada, relativa a un radiador isotrópico.

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

La emisión o transferencia de energía a través del espacio en la forma de ondas electromagnéticas.

RADIACION NO IONIZANTE:

Es la que no produce ionización en la materia. Cuando atraviesa los tejidos vivos, no tiene la suficiente energía para dañar el ADN en forma directa.

REGIÓN DE CAMPO CERCANO

Región generalmente en la proximidad de una antena u otra estructura radiante, en la cual los campos eléctrico y magnético no tienen un carácter substancialmente de onda plana, pero varían considerablemente de punto a punto. La región de campo cercano se subdivide a su

vez en región de campo cercano radiante y región de campo cercano reactivo.

REGIÓN DE CAMPO CERCANO RADIANTE

Región donde el campo de radiación predomina sobre el campo reactivo, pero adolece de carácter de onda plana y es de estructura complicada.

REGIÓN DE CAMPO CERCANO REACTIVO

Región que está mas cerca a una antena u otra estructura de radiación y contiene la mayoría o casi toda la energía almacenada.

REGIÓN DE CAMPO LEJANO

Región del campo de una antena donde la distribución de campo angular es esencialmente independiente de la distancia a la antena. En esta región el campo tiene un carácter predominante de onda plana.

TASA DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA (SAR-SPECIFIC ABSORPTION RATE)

Es una medida de la energía de radiofrecuencia absorbida por unidad de masa en los tejidos corporales de los seres vivos y se mide en vatios por kilogramo (W/Kg).

Anexo II

Procedimientos y Métodos de Análisis Técnicos

Se mencionan en este anexo, los lineamientos para la evaluación del cumplimiento de los límites establecidos en la norma presente, a través del empleo de métodos predictivos y de medición de las radiaciones.

1.- MÉTODOS PREDICTIVOS

Los métodos predictivos permiten la evaluación teórica de la intensidad de campo o la densidad de potencia, según sea requerido.

En los métodos predictivos se podrán emplear cálculos teóricos con modelos de propagación adecuados para la región de campo lejano. Se podrán emplear también modelos computacionales desarrollados en base al NEC (Numerical Electromagnetic Code) y/o en base a modelos experimentales desarrollados específicamente para un tipo de antena determinado.

2.- ECUACIONES BÁSICAS EMPLEADAS EN LOS CÁLCULOS TEÓRICOS

a) Región de campo cercano

La distancia hasta la cual se extiende el campo cercano se determina por la fórmula siguiente:

$$R = \frac{0,6 \times D^2}{\lambda}$$

Donde: R: Extensión lineal del campo cercano (m)
D: Dimensión mayor de la antena (m)

b) Región de campo lejano

Cuando la distancia del punto en evaluación se encuentra a una distancia mayor que R, nos encontramos en la región del campo lejano.

Las ecuaciones que se mencionan a continuación son válidas en condiciones de campo lejano.

En esta región son válidas las fórmulas siguientes:

1. Intensidad de campo Eléctrico

$$E = (30 \times \text{pire})^{0,5}$$

2. Densidad de potencia

$$S = \frac{\text{pire} \times 0,64}{\pi \times r^2}$$

3. Densidad de potencia fuera del haz principal

$$S = \frac{\text{pire} \times F \times 0,64}{\pi \times r^2}$$

En las fórmulas mencionadas:

$$\text{pire} = p_t \times g_t$$

Donde:

pire : Potencia isotrópica radiada equivalente
p_t : Potencia de transmisión (vatios)
g_t : Ganancia máxima de la antena (numérica)
r : Distancia (m)
F : Factor de corrección por la directividad vertical y la directividad horizontal de la antena
S : Densidad de potencia
f : Frecuencia (MHz)
E : Intensidad de Campo

3.- EMPLAZAMIENTOS DE TRANSMISIONES MÚLTIPLES

Los límites de exposición especificados en la norma varían en función de la frecuencia.

Cuando la energía electromagnética es radiada por más de una fuente, la contribución de cada fuente, se considera como una fracción del límite de exposición de densidad de potencia establecido a la frecuencia de la fuente contribuyente.

Determinadas las contribuciones fraccionales de cada emisión, se efectúa la suma de todas las contribuciones.

Las fórmulas a emplear son las siguientes:

$$R_i = \frac{SP_i}{SL_i}$$

$$R_t = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{SP_i}{SL_i}$$

$$R_t = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{E_i^2}{E_l^2}$$

Nota: Se debe cumplir que: $R_t \leq 1$

En las fórmulas anteriores:

R_i = Contribución fraccional del contribuyente *i*
R_t = Sumatoria total de las contribuciones
SP_i = Densidad de potencia para el contribuyente *i*
SL_i = Densidad de potencia límite de exposición
E_i = Intensidad de campo eléctrico para contribuyente *i*
E_l = Límite de exposición de campo eléctrico.

Nota: En caso que los límites establecidos en el artículo 3º sean superados y su origen se deba a más de una fuente, aquellas que sean responsables de emitir niveles que superen el 5% del parámetro límite aplicable al transmisor particular, deberán reducir sus emisiones proporcionalmente hasta alcanzar los valores establecidos en el artículo 3º.

4.- MEDICIONES

En este acápite se mencionan los lineamientos para la ejecución de mediciones.

Con relación a los métodos de medida, tipo de instrumentación, requisitos generales y particulares, se deberá elaborar un reglamento técnico con los protocolos de

Lima, domingo 6 de julio de 2003

NORMAS LEGALES **El Peruano** **Pág. 247647**

medición para cada uno de los servicios de telecomunicaciones.

Para la medición de los equipos terminales se empleará como restricción básica el SAR, de acuerdo a la siguiente tabla:

Características de exposición	Banda de frecuencias	SAR media de cuerpo entero (W / kg)	SAR localizada (cabeza y tronco) (W / kg)	SAR localizada (miembros) (W / kg)
Exposición ocupacional	10 MHz a 10 GHz	0,4	10	20
	10 MHz a 10 GHz	0,08	2	4

En lo referente a los emplazamientos de telecomunicaciones se realizarán dos tipos de mediciones:

- De intensidad de campo eléctrico.
- De densidad de potencia.

El empleo de cada método será indicado en los protocolos de medición y para la ejecución de éstos se emplearán instrumentos tales como:

- Medidores de intensidad de campo.
- Medidores de radiación con sensores de captación isotrópicos.
- Analizadores de espectro con antenas calibradas.

Anexo III**DISTANCIAS DE SEGURIDAD****CUADRO I**

Expresiones para el Cálculo de Distancias Mínimas hacia Antenas de Estaciones Transmisoras para el cumplimiento de los Límites de Exposición Poblacional

Bandas de frecuencias	Distancia mínima	
0,1 MHz a 10 MHz	$r = 0,10 \sqrt{pire \times f}$	$r = 0,129 \sqrt{pire \times f}$
10 MHz a 400 MHz	$r = 0,319 \sqrt{pire}$	$r = 0,409 \sqrt{pire}$
400 MHz a 2000 MHz	$r = 6,38 \sqrt{pire + f}$	$r = 8,16 \sqrt{pire + f}$
2000 MHz a 300000 MHz	$r = 0,143 \sqrt{pire}$	$r = 0,184 \sqrt{pire}$

CUADRO II

Expresiones para el Cálculo de Distancias Mínimas hacia Antenas de Estaciones Transmisoras para el cumplimiento de los Límites de Exposición Ocupacional

Bandas de frecuencias	Distancia mínima	
0,1 MHz a 10 MHz	$r = 0,0144 \sqrt{pire \times f}$	$r = 0,0184 \sqrt{pire \times f}$
10 MHz a 400 MHz	$r = 0,143 \sqrt{pire}$	$r = 0,184 \sqrt{pire}$
400 MHz a 2000 MHz	$r = 2,92 \sqrt{pire + f}$	$r = 3,74 \sqrt{pire + f}$
2000 MHz a 300000 MHz	$r = 0,638 \sqrt{pire}$	$r = 0,819 \sqrt{pire}$

Donde:

- r : es la distancia mínima desde la antena en metros.
- f : es la frecuencia expresada en MHz.
- $pire$: es la potencia efectiva radiada en dirección de la mayor ganancia de la antena, en vatios

$pire$: es la potencia isotrópica radiada equivalente en vatios.

Anexo IV**SEÑALES DE ADVERTENCIA****1. Diseño de señales de Advertencia Recomendadas**

Se sugieren tres tipos de señales de advertencia. La naturaleza del riesgo está indicado por el símbolo, y el grado de riesgo es indicado por la forma y color de la señal. Las señales de advertencia y su significado están indicados debajo. El tamaño de la señal será apropiado a las condiciones de uso, de tal modo que esté claramente distinguible, siendo cualquiera de ellos iluminado o empleando material reflectante como sea necesario.

- a) La señal de **PRECAUCIÓN** con el texto en **NEGRO** y el símbolo en **Fondo AMARILLO**.
- b) La señal de **ADVERTENCIA** con el texto en **NEGRO** y el símbolo en **Fondo ANARANJADO**.
- c) La señal de **PELIGRO** con el texto en **ROJO** y el símbolo en **Fondo BLANCO**.

La señal de **PRECAUCIÓN** no se usa generalmente para la demarcación del área, pero pueden ponerse en dispositivos para indicar la presencia de campos de RF.

2. Demarcación del área

Se colocará una señal de **ADVERTENCIA** a la entrada de cualquier zona dentro de la cual, mediante inspección se ha mostrado que los niveles de RF excedieron los niveles poblacionales, pero están por debajo de los niveles ocupacionales.

La señal de la **ADVERTENCIA** será ubicada donde sea necesario indicar un tiempo de ocupación limitado. En tales casos, la señal de **ADVERTENCIA** será acompañada por palabras tales como "Advertencia: Radiación de Radiofrecuencia - Tiempo de Ocupación Máxima 6 Minutos".

Se colocará una señal de **PELIGRO** a la entrada de cualquier zona donde los niveles del campo superen en exceso aquellos límites especificados en la exposición ocupacional. La señal de **PELIGRO** de este modo indica una zona de **ACCESO DENEGADO**.

12821

Aceptan renuncia de Secretario General del Ministerio**RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 516-2003-MTC/01**

Lima, 4 de julio de 2003

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Ministerial N° 090-2003-MTC/01, del 5 de febrero de 2003, se designó al ingeniero José Luis Avilez Cueto, en el cargo de Secretario General del Ministerio de Transportes y Comunicaciones;

Que, el citado funcionario ha presentado su renuncia al cargo;

De conformidad con lo dispuesto por el Decreto Legislativo N° 560, las Leyes N° 27791 y N° 27594 y el Decreto Supremo N° 041-2002-MTC;

SE RESUELVE:

Artículo Único. - Aceptar la renuncia formulada por el ingeniero José Luis Avilez Cueto al cargo de Secretario General del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dándosele las gracias por los servicios prestados.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

EDUARDO IRIARTE JIMÉNEZ
Ministro de Transportes y Comunicaciones

12846

FE DE ERRATAS**DECRETO SUPREMO
N° 038-2003-MTC**

Mediante Oficio N° 225C-2003-SCM-PR la Secretaría del Consejo de Ministros solicita se publique Fe de Erratas del Decreto Supremo N° 038-2003-MTC, publicado en la edición del 6 de julio de 2003, en la página 247642.

En el Artículo 4°, en el segundo párrafo

DICE:

"... Dirección General de Control y Supervisión de Telecomunicaciones."

DEBE DECIR:

"... Dirección General de Gestión de Telecomunicaciones."

En el Artículo 5°, en el numeral 5.4.

DICE:

"... cambio de potencia..."

DEBE DECIR:

"... aumento de potencia..."

En el Anexo I, Términos y Definiciones.
CAMPO ELÉCTRICO

DICE:

"La región ... de la fuerza sobre una prueba de carga hipotética está definida..."

DEBE DECIR:

"La región ... de la fuerza sobre una carga de prueba hipotética está definida..."

13543

PODER JUDICIAL**CORTE SUPREMA DE JUSTICIA**

Autorizan a procuradora iniciar acciones legales contra presuntos responsables de presentar arancel judicial y carta poder con firmas y sellos falsificados

**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA DE LA
PRESIDENCIA DEL PODER JUDICIAL
N° 122-2003-P-PJ**

Lima, 15 de julio del 2003

VISTO:

El Oficio N° 2001-33296-0-0100-J-CI-37 del Juez del 37° Juzgado Especializado en lo Civil de la Corte Superior de Justicia de Lima;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Oficio N° 2001-33296-0-0100-J-CI-37, el Juez del 37° Juzgado Especializado en lo Civil de la Corte Superior de Justicia de Lima, remite el arancel judicial N° 160022-8, por concepto de participación en remate judicial, presentado por PÉREZ GAO, YSELA DE JESÚS, al haber sido cuestionada su validez;

Que, verificada dicha Tasa en el Sistema de Validación de Aranceles Judiciales se determinó que se trata de un documento aparentemente falsificado;

Que, mediante Resolución N° Treintidós, de fecha 23 de abril del 2003, el Juez del 37° Juzgado Especializado en lo Civil ha resuelto remitir al Ministerio Público las copias certificadas de las piezas procesales;

Que, los hechos antes expuestos constituyen presuntos ilícitos penales los cuales deben ser debidamente investigados por las autoridades correspondientes a fin de determinar las responsabilidades del caso, en consecuencia resulta necesario autorizar a la Procuradora Pública del Poder Judicial, a fin de que inicie las acciones legales pertinentes ante las autoridades respectivas;

Que en uso de las facultades conferidas por el Texto Único Ordenado de la Ley Orgánica del Poder Judicial D.S. N° 017-93-JUS; y Artículo 12° del Decreto Ley N° 17537 sobre representación y Defensa del Estado en Juicio modificado por Decreto Ley N° 17667;

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Autorizar a la Procuradora Pública a cargo de los Asuntos Judiciales del Poder Judicial para que inicie las acciones legales pertinentes contra PÉREZ GAO, YSELA DE JESÚS por los hechos expuestos en la parte considerativa de la presente Resolución.

Artículo Segundo.- Remitir copia de esta Resolución, así como los antecedentes del caso a la mencionada Procuradora Pública, para los fines correspondientes.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

HUGO SIVINA HURTADO
Presidente

13510

**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA DE LA
PRESIDENCIA DEL PODER JUDICIAL
N° 123-2003-P-PJ**

Lima, 15 de julio del 2003

VISTO:

El Memorandum N° 484-2003-RNC-GSJR-GG/PJ, de la Jefa del Registro Nacional de Condenas; y,

CONSIDERANDO:

Que, mediante Memorandum N° 484-2003-RNC-GSJR-GG/PJ, la Jefa del Registro Nacional de Condenas, comunica que el día 10 de junio del 2003, se acercó a la ventanilla del Registro Nacional de Condenas doña URSULA MARIANA KLEEBERG DEL CASTILLO portando una Carta Poder legalizada por el Notario Dr. ANIBAL CORVETTO ROMERO, con la cual pretendía realizar el trámite para obtener el Certificado Judicial de Antecedentes Penales a nombre de ESTHER ELBA FERNÁNDEZ ICARDI DE RODRÍGUEZ;

Que, mediante Carta de fecha 2 de julio del 2003, el Notario Dr. ANIBAL CORVETTO ROMERO, comunica que las firmas y sellos que aparecen en dicha Carta Poder y que aluden a su persona han sido falsificados;

Que, los hechos antes expuestos constituyen presuntos ilícitos penales los cuales deben ser debidamente investigados por las autoridades correspondientes a fin de determinar las responsabilidades del caso, en consecuencia resulta necesario autorizar a la Sra. Procuradora Pública del Poder Judicial, a fin de que inicie las acciones legales pertinentes ante las autoridades respectivas;

Que en uso de las facultades conferidas por el Texto Único Ordenado de la Ley Orgánica del Poder Judicial D.S. N° 017-93-JUS; y Artículo 12° del Decreto Ley N° 17537 sobre Representación y Defensa del Estado en Juicio modificado por Decreto Ley N° 17667;

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Autorizar a la Procuradora Pública a cargo de los Asuntos Judiciales del Poder Judicial para que inicie las acciones legales pertinentes contra doña URSULA MARIANA KLEEBERG DEL CASTILLO, por los hechos expuestos en la parte considerativa de la presente Resolución.

Artículo Segundo.- Remitir copia de esta Resolución, así como los antecedentes del caso a la mencionada Procuradora Pública, para los fines correspondientes.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

HUGO SIVINA HURTADO
Presidente

13511

Autorizan a procuradora iniciar acciones judiciales contra ex administrador de la Corte Superior de Justicia de Apurímac por presunta responsabilidad económica

**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA DE LA
PRESIDENCIA DEL PODER JUDICIAL
N° 124-2003-P/PJ**

Lima, 15 de julio del 2003

Apéndice D: Decreto Supremo N°010-2005-PCM

Pág. 286062

El Peruano

NORMAS LEGALES

Lima, jueves 3 de febrero de 2005

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes

**DECRETO SUPREMO
N° 010-2005-PCM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú establece en su artículo 2° inciso 22), que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, y en su artículo 67°, que el Estado determina la política nacional del ambiente;

Que, el Decreto Legislativo N° 613 - Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, en el artículo I de su Título Preliminar, establece que todos tienen la obligación de conservar el ambiente, correspondiéndole al Estado la obligación de prevenir y controlar cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que pueden interferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad;

Que, los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes son instrumentos de gestión ambiental prioritarios para prevenir y planificar el control de la contaminación por radiaciones no ionizantes sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible;

Que, de acuerdo con el inciso e) del artículo 4° de la Ley N° 26410 - Ley del Consejo Nacional del Ambiente, modificado por la Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, es función del Consejo Nacional del Ambiente - CONAM dirigir el proceso de elaboración de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en consecuencia, corresponde aprobar los Es-

tándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes;

Que, el inciso k) del artículo 4° de la Ley N° 26410 modificado por el artículo 9° de la Ley N° 28245, establece que es función del CONAM dictar la normatividad requerida para el adecuado funcionamiento de los instrumentos de gestión ambiental;

Que, asimismo, el numeral 10.1 del artículo 10° de la Ley N° 28245 prevé que el CONAM está facultado para dictar, dentro del ámbito de su competencia, las normas requeridas para la ejecución de los instrumentos de Planeamiento y Gestión Ambiental por parte del Gobierno Central, Gobiernos Regionales y Locales, así como del sector privado y la sociedad civil;

Que, de acuerdo con las normas precitadas, corresponde al CONAM dictar las disposiciones que regularán el adecuado funcionamiento y ejecución de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes, como instrumentos de gestión ambiental, por los sectores y niveles de gobierno involucrados en su cumplimiento;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 24) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú, el Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo, la Ley N° 26410 y la Ley N° 28245;

DECRETA:

Artículo 1°.- Apruébese los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes, contenidos en el Anexo adjunto que forma parte integrante del presente Decreto Supremo, que establecen los niveles máximos de las intensidades de las radiaciones no ionizantes, cuya presencia en el ambiente en su calidad de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana y el ambiente. Estos estándares se consideran primarios por estar destinados a la protección de la salud humana.

Artículo 2°.- El Consejo Nacional del Ambiente - CONAM dictará las normas que regularán el adecuado funcionamiento y ejecución de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes, como instrumentos de gestión ambiental, por los sectores y niveles de gobierno involucrados en su cumplimiento.

Lima, jueves 3 de febrero de 2005

NORMAS LEGALES **El Peruano** Pág. 286063

Artículo 3°.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros.

ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dos días del mes de febrero del año dos mil cinco.

CARLOS FERRERO
Presidente del Consejo de Ministros

ANEXO - DECRETO SUPREMO N° 010-2005-PCM**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RADIACIONES NO IONIZANTES**

Rango de Frecuencias (f)	Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μT)	Densidad de Potencia (S _{eq}) (W/m ²)	Principales aplicaciones (no restrictiva)
Hasta 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-	Líneas de energía para trenes eléctricos, resonancia magnética
1 – 8 Hz	10 000	3,2 x 10 ⁴ / f ²	4 x 10 ⁴ / f ²	-	
8 – 25 Hz	10 000	4 000 / f	5 000 / f	-	Líneas de energía para trenes eléctricos
0,025 – 0,8 kHz	250 / f	4 / f	5 / f	-	Redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video
0,8 – 3 kHz	250 / f	5	6,25	-	Monitores de video
3 – 150 kHz	87	5	6,25	-	Monitores de video
0,15 – 1 MHz	87	0,73 / f	0,92 / f	-	Radio AM
1 – 10 MHz	87 / f ^{0,5}	0,73 / f	0,92 / f	-	Radio AM, diatermia
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2	Radio FM, TV VHF, Sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia
400 – 2000 MHz	1,375 f ^{0,5}	0,0037 f ^{0,5}	0,0046 f ^{0,5}	f / 200	TV UHF, telefonía móvil celular, servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10	Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas

1. f está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias

2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, S_{eq}, E², H², y B², deben ser promediados sobre cualquier período de 6 minutos.

3. Para frecuencias por encima de 10 GHz, S_{eq}, E², H², y B², deben ser promediados sobre cualquier período de 68 / f^{1,05} minutos (f en GHz).

02493

Apéndice E: Resolución Ministerial N°613-2004 MTC/03

Pág. 274822

El Peruano

NORMAS LEGALES

Lima, jueves 19 de agosto de 2004

y/o formular denuncias a nombre del Estado es necesario la expedición previa de la Resolución Ministerial autoritativa;

De conformidad a lo dispuesto en la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, la Ley N° 27791, Decretos Leyes N° 17537 y 17667, el Reglamento Nacional de Administración de Transportes, aprobado por Decreto Supremo N° 040-2001-MTC, aplicable en virtud de la Décimo Segunda Disposición Transitoria del Reglamento Nacional de Administración de Transportes, aprobado por Decreto Supremo N° 009-2004-MTC;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar al Procurador Público encargado de los asuntos judiciales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para que, en representación y defensa de los intereses del Estado, inicie y culmine las acciones legales destinadas a obtener la nulidad del artículo primero de la Resolución Directoral N° 1111-2002-MTC/15.18, por los fundamentos expuestos en la parte considerativa de la presente resolución.

Artículo 2°.- Remitir copia de esta Resolución, así como los antecedentes del caso al mencionado Procurador Público, para los fines correspondientes.

Regístrese y comuníquese y publíquese.

JOSÉ JAVIER ORTIZ RIVERA
Ministro de Transportes y Comunicaciones

14958

Aprueban norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones No Ionizantes

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 613-2004 MTC/03

Lima, 17 de agosto de 2004

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Supremo N° 038-2003-MTC, se establecen los Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones, instrumento de gestión ambiental prioritario para prevenir y controlar la contaminación generada por actividades comprendidas en el subsector comunicaciones, sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible;

Que, la Primera Disposición Complementaria y Transitoria del citado Decreto Supremo dispone que a efectos de complementar lo dispuesto en la citada norma y garantizar su cumplimiento, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones aprobará las normas técnicas y directivas que sean necesarias, entre las que contempla la norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes;

Que, con fecha 2 de febrero del 2004 se publicó para comentarios en el Diario Oficial El Peruano, el proyecto de norma sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes;

Que, habiéndose recibido y evaluado los comentarios de los interesados, corresponde emitir el acto administrativo respectivo aprobando la acotada norma técnica;

De conformidad con lo dispuesto en el Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones aprobado por Decreto Supremo N° 013-93-TCC, el Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones aprobado por Decreto Supremo N° 027-2004-MTC y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones aprobado por Decreto Supremo N° 041-2002-MTC;

SE RESUELVE:

Artículo Único.- Aprobar la norma técnica sobre Protocolos de Medición de Radiaciones no Ionizantes, la misma que consta de cinco (5) artículos y dos (2) anexos, que forma parte integrante de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JOSÉ JAVIER ORTIZ RIVERA
Ministro de Transportes y Comunicaciones

PROTOCOLOS DE MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES

Artículo 1°.- Finalidad

La presente norma tiene por finalidad establecer los protocolos de medición de radiaciones no ionizantes a efectos de obtener una correcta cuantificación de los valores de emisión individual y emisiones múltiples, resultantes de la operación de los servicios de telecomunicaciones que utilizan espectro radioeléctrico.

Artículo 2°.- Ámbito de aplicación

La presente norma es de cumplimiento obligatorio por el Estado y las personas naturales o jurídicas debidamente registradas ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para la realización de las mediciones de radiaciones no ionizantes.

Para efectos de la aplicación de la presente norma se tendrá en cuenta el Glosario de Términos y Definiciones contenido en el Anexo I.

Artículo 3°.- Aspectos Generales

3.1 Las mediciones se clasifican en:

- Mediciones en emplazamientos fijos.
- Mediciones en equipos móviles, equipos portátiles y/o terminales portátiles que utilicen espectro radiceletrico.

3.2 Las magnitudes por medir son las siguientes:

Para los emplazamientos fijos:

- Densidad de potencia.
- Intensidad de campo eléctrico.
- Intensidad de campo magnético.

Para los equipos móviles:

- Intensidad de campo eléctrico.

Para los equipos portátiles y/o terminales portátiles:

- Tasa de Absorción Específica (SAR).

3.3 Las mediciones de los emplazamientos fijos, serán, en la mayoría de casos, mediciones en la región de campo lejano. Las mediciones en los equipos móviles, equipos portátiles y/o terminales portátiles serán mediciones de campo cercano.

3.4 Los protocolos de medición que se establezcan en la presente norma, serán aplicables a cualquier servicio o sistema de telecomunicaciones comprendidos en el artículo 2° del Decreto Supremo N° 038-2003-MTC.

3.5 A efectos de realizar una selección apropiada de los instrumentos de medición indispensables para una correcta evaluación, se debe determinar la mayor cantidad de parámetros técnicos que caractericen de manera fiel, las fuentes que generan los campos electromagnéticos.

3.6 Los cálculos teóricos expuestos en la Norma Complementaria sobre "Lineamientos para el desarrollo de Estudios Teóricos de Radiaciones No Ionizantes", se pueden emplear para obtener estimados de la intensidad de campo en la región de campo lejano para la selección del instrumento adecuado.

Las variaciones de intensidad de campo debidas a la reflexión en tierra, entre otras, pueden provocar un incremento de hasta cuatro veces sobre los valores estimados de campo, y aún mayor si existiera efecto de enfoque.

Artículo 4°.- Tipos de mediciones y equipamiento utilizado

4.1 Mediciones en la región de campo lejano: Fuente única

La medición de un campo electromagnético de onda plana, linealmente polarizado, cuya fuente de radiación tiene características físicas conocidas tales como: ubicación, frecuencia y polarización puede llevarse a cabo con un medidor de intensidad de campo sintonizable con un rango de frecuencia que incluya la frecuencia de interés y que tenga la precisión requerida. Alternativamente se puede emplear un analizador de espectro o un receptor equipado con pantalla de presentación del espectro.

Este instrumento deberá emplearse con una antena convencional calibrada tal como una bocina o un dipolo.

Para el caso de otras polarizaciones e incluso para emisiones linealmente polarizadas, podrá utilizarse una sonda de tipo isotrópica.

Se entiende por precisión requerida, cuando el dispositivo de medición debe ser elegido, de tal manera que la incertidumbre de medición sea menor o igual a 4db, con un nivel de confiabilidad del 95%.

4.2 Mediciones en la región de campo lejano: Fuente múltiple

Para efectuar mediciones del campo electromagnético resultante, compuesto por emisiones provenientes de fuentes múltiples, desconocidas en frecuencia, polarización o dirección de propagación es necesario emplear una sonda isotrópica de banda ancha con analizador de campo electromagnético. Considerando que pueden aparecer efectos de ondas estacionarias y diferentes interacciones entre las emisiones múltiples, es necesario examinar un volumen del espacio en las zonas de interés.

Se deberán tomar las precauciones para evitar alteraciones en el campo electromagnético, introducidas por el instrumental y el inspector al efectuar las mediciones.

En el caso de fuentes múltiples de polarización desconocida, se debe emplear mediciones con orientación en tres ejes ortogonales.

4.3 Mediciones en la región de campo cercano

Para efectuar mediciones en la región de campo cercano, la medición de intensidad de campo eléctrico y campo magnético deberán realizarse en forma separada. Considerando que, la polarización de los campos es generalmente desconocida, deberá emplearse una sonda isotrópica.

En el caso que la frecuencia y polarización sean conocidas, no será necesario emplear un instrumento de banda ancha, en su lugar deberá emplearse una sonda de banda angosta con respuesta uniforme.

Para las mediciones en la región de campo cercano, deberán tomarse las precauciones de seguridad (tales como: empleo de sondas con rango dinámico adecuado, evitar el contacto con las superficies radiantes, etc.) ante la existencia de campos intensos potencialmente peligrosos.

4.4 Mediciones de tasa de absorción específica (SAR)

No existe una relación simple entre un campo eléctrico externo y campo eléctrico interno dentro del cuerpo humano, por lo tanto la determinación del SAR para exposición de campo cercano es difícil y compleja, llevándose a cabo en modelos simulados del cuerpo humano bajo condiciones de laboratorio. Se deben emplear paquetes computacionales que utilizan métodos numéricos para los cálculos del SAR, tales como: el método de las diferencias finitas en el dominio del tiempo y otros.

En consecuencia, las mediciones del SAR deberán ser realizadas en laboratorio que disponga de cámara anecoica, fantoma y paquetes computacionales para el fin previsto.

4.5 Características de las mediciones.

La medición de radiación no ionizante, se refiere generalmente a la medición de magnitudes electromagnéticas resultantes de la contribución de emisiones múltiples presentes en el lugar de medición, siendo necesario contar con la información técnica de las estaciones radioeléctricas del entorno.

En el rango de frecuencias de 10 MHz. hasta 30 GHz. se deberá medir densidad de potencia; para el rango de frecuencias entre 9 KHz. y 10 MHz., se deberá realizar mediciones de intensidad de campo eléctrico y/o campo magnético.

Las mediciones en los puntos de prueba deben ser realizadas considerando la promediación temporal y espacial, según sea el caso.

4.5.1 Promediación temporal

Es el tiempo requerido para promediar los valores de intensidad de campo eléctrico y/o campo magnético en un intervalo determinado.

El intervalo de tiempo relevante para la medición de radiaciones no ionizantes es de 6 minutos en el rango de frecuencias desde 100 KHz. hasta 10 GHz. y, para frecuencias mayores a 10 GHz., el tiempo de promediación se obtendrá aplicando la fórmula (1):

$$T = 68/f^{1.05}$$

(1)

Donde: T : Tiempo en minutos
f : Frecuencia en GHz

Algunos equipos disponen de la función de promediación temporal incorporada. Para el caso de frecuencias menores a 10 GHz., la intensidad de campo eléctrico o intensidad de campo magnético, en RMS con promediación temporal podrá ser calculado mediante las siguientes fórmulas:

$$E = \left[\frac{1}{6} \sum_{i=1}^n E_i^2 \cdot \Delta t_i \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$H = \left[\frac{1}{6} \sum_{i=1}^n H_i^2 \cdot \Delta t_i \right]^{1/2} \quad (3)$$

Donde:

E : Intensidad del Campo Eléctrico en valor rms (V/m)
E_i : Intensidad del Campo Eléctrico en valor rms medido en el punto i, siendo considerado constante en el intervalo de tiempo "T", (V/m)
H : Intensidad del Campo Magnético en valor rms (A/m)
H_i : Intensidad del Campo Magnético en valor rms medido en el punto i, siendo considerado constante en el intervalo de tiempo "T" (A/m)
Δt_i : Duración del intervalo de tiempo expresados en minutos, del intervalo de tiempo i
n : Número de períodos de tiempo en el intervalo de 6 minutos

Asimismo los valores de Δt_i deben satisfacer la siguiente relación:

$$\sum_{i=1}^n \Delta t_i = 6 \text{ minutos} \quad (4)$$

4.5.2 Promediación Espacial

Es el valor promedio obtenido de las medidas instantáneas realizadas en distintos puntos situados en una línea vertical perpendicular a la superficie de referencia en el punto de medición.

Se empleará promediación espacial sólo en el caso de que los valores medidos en un punto tengan un valor cercano o mayor al límite de exposición expresado en el Decreto Supremo N° 038-2003-MTC y donde el campo tiene poca uniformidad.

Un método para llevar a cabo la promediación espacial en sentido vertical es el siguiente:

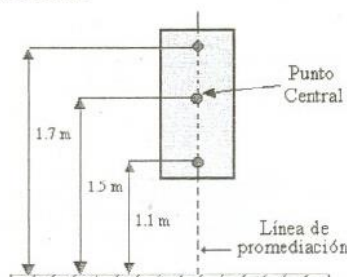
1. Determinar el lugar donde el campo es máximo.
2. Establecer sobre el lugar encontrado, una línea vertical con tres puntos de medición localizados a 1.1 m, 1.5 m y 1.7 m., sobre la superficie de referencia (piso).
3. Medir el campo en todos los puntos mencionados.
4. Calcular el campo promedio, mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{1}{\sqrt{3}} \left[\sum_{i=1}^3 E_i^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

Donde:

E : Intensidad del Campo Eléctrico en valor rms (V/m)
E_i : Intensidad del Campo Eléctrico en valor rms medido en el punto i (V/m)

Un ejemplo de la línea de promediación se muestra en la figura siguiente:



Se puede también efectuar la promediación espacial con un instrumento analizador de campo electromagnético o medidor de intensidad de campo con la función de promediación espacial incorporada.

Artículo 5º.- Protocolos de medición

5.1 Procedimiento General

Antes de efectuar las mediciones, se debe estimar la intensidad de campo y determinar el tipo de instrumento requerido. La aproximación en la determinación teórica de los valores estimados de la intensidad de campo dependerá en gran medida de considerar la direccionalidad de la antena y si esta a su vez es estacionaria o dispone de algún mecanismo para realizar un barrido espacial sea acimutal y/o en elevación; ya que estas características de la antena incidirán en el grado de complejidad de los cálculos de la intensidad de campo electromagnético.

Para la estimación teórica del campo eléctrico y/o la densidad de potencia, se debe hacer uso de la norma complementaria sobre "Lineamientos para el Desarrollo de Estudios Teóricos de Radiaciones No Ionizantes", a fin de obtener valores estimados útiles en la vecindad de emisores radioeléctricos. Los resultados de este enfoque analítico y la precisión de los mismos dependerán del conocimiento aproximado de los parámetros técnicos del centro de transmisión.

Deberán considerarse correcciones para los efectos de campo cercano. Los parámetros listados a continuación deberán ser especificados de manera tal que pueda ser conocida la potencia radiada por la antena con la finalidad que se pueda calcular la densidad de potencia resultante en un punto. Para todos los emisores radioeléctricos (pulsados o de onda continua) deberán conocerse el tipo de antena, dimensiones físicas, ganancia, patrones de radiación de la antena en acimut y en elevación, distribución de lóbulos secundarios, altura de antena sobre el suelo, frecuencia de operación, tasa de barrido, orientación del haz principal y la atenuación de la línea de transmisión que conecta al emisor radioeléctrico con la antena, además de valores de potencia pico, duración de pulso, repetición de pulso.

Los procedimientos de medición pueden diferir dependiendo de las características del emisor de radiofrecuencia y de la información disponible sobre la propagación de esta emisión.

5.2 Procedimientos para emplazamientos fijos

La metodología empleada para la medición de radiaciones electromagnéticas comprenderá los siguientes pasos:

- Prospección técnica sobre el lugar del emplazamiento.
- Estimación teórica.
- Selección del instrumento de medición.
- Selección de la técnica de medición.
- Métodos de medición.
- Ejecución de las mediciones en el emplazamiento y áreas adyacentes.
- Informe técnico de las mediciones.

5.2.1 Prospección técnica sobre el lugar del emplazamiento

La prospección técnica para la evaluación de Radiaciones No Ionizantes, comprende el examen del lugar de emisión electromagnética, identificando y registrando lo siguiente:

- Factores de entorno Físico
- Factores de entorno Radioeléctrico

5.2.1.1 Factores de Entorno Físico

Identificar y registrar:

- Ubicación
- Características topográficas del medio.
- Cercanía de edificaciones.
- Características demográficas y de uso del entorno de la estación en evaluación.
- Zonas accesibles para el público en general, próximas al centro emisor.

5.2.1.2 Factores de entorno Radioeléctrico

Identificación de:

- Características técnicas de la estación radioeléctrica por evaluar.
- Características técnicas de las estaciones radioeléctricas del entorno.

5.2.1.2.1 Características técnicas de la estación radioeléctrica por evaluar

Las características técnicas del sistema de transmisión a considerar son:

- Tipo de emisor radioeléctrico.
- Potencia de salida.
- Frecuencia portadora.
- Banda de frecuencias de uso.
- Ciclo de trabajo.
- Características de modulación.

Las características del sistema irradiante:

- Tipo.
- Dimensiones.
- Ganancia.
- Patrón de radiación horizontal.
- Patrón de radiación vertical.
- Polarización.
- Inclinação del haz.
- Relleno de nulos.
- Altura del centro de radiación respecto al suelo.

5.2.1.2.2 Características técnicas de las estaciones radioeléctricas del entorno

El entorno radioeléctrico comprende:

- Todos los sistemas de emisión radioeléctricos cercanos al lugar en evaluación.
- Las estructuras físicas que son capaces de modificar de alguna manera los campos electromagnéticos provenientes del lugar en evaluación.

En consecuencia, se debe tomar datos de las características técnicas de los emplazamientos de transmisión cercanos, tales como: potencia, frecuencia, modulación, ciclo de trabajo, sistemas irradiantes, etc.

Se debe considerar también las características físicas de las torres cercanas al emplazamiento de transmisión, como por ejemplo: altura, dimensiones estructurales y posición relativa respecto al emplazamiento en evaluación.

5.2.2 Estimación teórica

Los valores de intensidad de campo radiado en los puntos a medir, pueden ser estimados mediante los lineamientos, procedimientos y tablas mencionadas en la Norma Complementaria sobre "Lineamientos para el Desarrollo de Estudios Teóricos de Radiaciones No Ionizantes". Esta determinación teórica siempre será considerada como "la de peor caso"; el grado de aproximación dependerá del grado de exactitud de los datos empleados en la elaboración de la estimación teórica, como así también de los modelos que describen las antenas empleadas.

5.2.3 Selección del instrumento de medición.

Con los datos obtenidos de la prospección técnica y los valores estimados del campo radiado, así como la estimación de las regiones de campo cercano o lejano, podemos determinar el tipo de instrumento a emplear. Para la selección de instrumentos de medición se debe tomar en consideración las características siguientes:

- Rango de frecuencia
- Tiempo de respuesta
- Limitaciones de campo máximo
- Polarización
- Rango dinámico
- Capacidad de sobrecarga
- Capacidad de medición en campo cercano
- Promediación temporal
- Promediación espacial
- Portabilidad

- Calibración operativa
- Certificación de calibración y trazabilidad.

La mayoría de instrumentos diseñados para la medición de campos electromagnéticos son de banda ancha. Ninguno de ellos cubre todo el rango de frecuencia del espectro electromagnético, ni son capaces de medir todos los parámetros de interés potencial.

5.2.4 Selección de la técnica de medición

La selección de la técnica de medición dependerá de la magnitud electromagnética por medir y del servicio de telecomunicaciones por evaluar y se define en el numeral siguiente.

5.2.5 Métodos de Medición

Los métodos de medición, involucran fijar los procedimientos, técnicas de medición y los equipos para efectuarlas.

Definimos tres casos de medición, los cuales determinan los métodos de medición que serán especificados en los casos mencionados a continuación:

- Caso 1 Medición Preliminar
- Caso 2 Medición Selectiva
- Caso 3 Medición Detallada

Dependiendo del equipamiento utilizado, se podrá optar por el método de medición a efectuar considerando las facilidades con que cuente el equipo para una medición preliminar, selectiva o detallada.

Los casos de medición no necesariamente resultarán ser un procedimiento consecutivo. Dependerá de la persona natural o jurídica registrada optar por el caso 1, 2 ó 3, teniendo en consideración las excepciones y resultados descritos seguidamente.

5.2.5.1 Caso 1 Medición Preliminar

El método de medición en este caso permitirá evaluar si en algún punto del entorno de la estación radioeléctrica hasta una distancia radial máxima de 100 metros respecto de la base del sistema irradiante, se exceden los límites máximos permisibles de exposición.

La técnica de medición empleada será de banda ancha para emisiones múltiples y podrá emplearse en el campo cercano y en el campo lejano de emplazamientos de telecomunicaciones.

No se debe aplicar este método de medición, cuando:

- Se necesite conocer el nivel de radiación no ionizante en una frecuencia específica.
- El valor medido por el equipo excede el nivel de decisión, necesitando otro método de medida más preciso.

5.2.5.1.1 Equipos de medición

Un monitor portátil analizador de campo electromagnético con respuesta ponderada de acuerdo a lo especificado en el Decreto Supremo N° 038-2003-MTC, operando en el rango de frecuencias comprendidas entre los 9 KHz. a los 300 GHz.

5.2.5.1.2 Procedimiento

Se deberá verificar la calibración operativa del monitor y configurarlo para la detección de niveles mayores al nivel de umbral, fijado al 50% de los límites máximos permisibles, según se especifica a continuación:

- Para la evaluación de las áreas donde transita el público en general, el nivel de umbral deberá fijarse al 50% de los límites máximos permisibles para exposición poblacional.
- Para la evaluación de las áreas donde operan los equipos electrónicos de la estación radioeléctrica y/o transitan trabajadores, el nivel de umbral deberá fijarse al 50% de los límites máximos permisibles para exposición ocupacional.

El inspector portará el monitor con el cual recorrerá en forma discrecional el emplazamiento a evaluar hasta una distancia radial de 100 metros respecto a la base del sistema irradiante, para registrar los lugares donde se excede los límites máximos permisibles según el área en evaluación.

Si en todos los puntos de evaluación no se supera el nivel de umbral prefijado para el área bajo examen, no será necesario efectuar otra medición y el emplazamiento cumplirá con la norma. En el caso contrario será necesario realizar la evaluación según se describe en el caso 2.

Los resultados serán registrados en la tabla 1 del anexo II

5.2.5.2 Caso 2 Medición Selectiva

Este método será aplicado cuando:

- Se requiera realizar evaluación de campo lejano.
- Se requiera conocer el nivel de emisión por frecuencia que existe en el emplazamiento.
- Se necesite determinar la contribución individual de las emisiones múltiples, que se encuentren presentes en el punto de medición.
- Cuando empleado el método para el caso 1, el valor obtenido excede el nivel de umbral.

La técnica de medición es de banda estrecha en el rango de frecuencia comprendida entre los 9 KHz a los 3 GHz. Para frecuencias mayores a los 3 GHz, referirse al método empleado en el caso 3.

No se debe aplicar este método de medición, cuando:

- El emplazamiento está en la zona de campo cercano.
- Se requiere medir altos niveles de intensidad de campo eléctrico y magnético.
- Se requiere medir emisiones pulsante, discontinuas o de banda ancha.

5.2.5.2.1 Equipo de medición

Equipos de medición tales como analizadores de espectro, analizadores de campo electromagnético y/o medidores de intensidad de campo utilizando sondas o antenas de banda angosta, con un rango de frecuencia de operación comprendido entre los 9 KHz. a los 3 GHz.

5.2.5.2.2 Procedimiento

Todos los equipos de medición deberán ser puestos a cero y efectuar la calibración operativa correspondiente. En el caso de usar antenas, se tomará en cuenta el factor de pérdida de las mismas.

Se eligen los puntos de medición según se indica en el numeral 5.2.6 de la presente norma. Eventualmente, se evaluarán los puntos que exceden el nivel de umbral del caso 1. En cada punto de medición se ejecutará promediación temporal y espacial si fuera pertinente.

Las antenas y/o sondas de radiación electromagnética deberán encontrarse instaladas en trípodes no conductivos al efectuar las mediciones.

Se obtienen los niveles máximos de cada componente espectral, expresando la medida en la magnitud adecuada (E, H, S) con el fin de que puedan ser comparados con los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 038-2003-MTC.

En el caso de presentarse contribuciones fraccionales, las más relevantes serán medidas con el propósito de dar cumplimiento a lo establecido en el numeral 3 del anexo II del Decreto Supremo N° 038-2003-MTC.

Si en todos los puntos de medición no se supera el nivel de referencia máximo permisible para el área bajo examen, no será necesario efectuar otra medición y el emplazamiento cumplirá con la norma. En el caso contrario, será necesario realizar la evaluación según se describe en el caso 3.

Los resultados serán registrados en la tabla 2 del anexo II.

5.2.5.3 Caso 3 Medición Detallada

Las técnicas de medición empleadas en este caso son variadas, incluyendo técnicas de medida en campo cercano de los emplazamientos fijos, de emisiones pulsadas y de campos de alta intensidad; generalmente estas medidas serán de banda angosta en el rango de frecuencias comprendido entre los 9 KHz a 3GHz.

Este caso se aplica cuando la medición preliminar y medición selectiva excedan los límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes o cuando el lugar de medición se encuentre en los supuestos de excepción descritos en el acápite 5.2.5.2.

5.2.5.3.1 Equipo de medición

Los equipos de medición empleados son variados y comprenden analizadores de espectro de barrido y de tiempo real, receptores / analizadores en el dominio del tiempo, además de emplear equipos similares a los del caso 2, con características de alta inmunidad electromagnética.

Las sondas y/o antenas empleadas para mediciones tendrán la capacidad de medir en forma separada o combinada la intensidad de campo eléctrico y la intensidad de campo magnético.

5.2.5.3.2 Procedimiento

Se seguirán los lineamientos establecidos en el numeral 5.2.5.2.2

5.2.6 Ejecución de las mediciones en el emplazamiento.

- La medición se efectuará sobre cuatro direcciones ortogonales, a partir de la base de la antena.

- En el caso de antenas direccionales, una de las direcciones de medición deberá coincidir con el máximo lóbulo de radiación de la antena.

- Las distancias para ejecución de las medidas, serán de 2,10, 20, 50 y 100 mts. en sentido horizontal y radial a partir de la base de la antena, siempre que los puntos de medición a estas distancias sean accesibles. En el caso de no serlo, se efectuará la medición en un punto alternativo, a discreción del inspector.

- En algunas circunstancias, las distancias de medición deberán ser proporcionales a la altura de la torre.

- Se deberán considerar mediciones en puntos de interés, tales como hospitales y colegios.

- Para el caso de estaciones radioeléctricas fijas en el rango de frecuencias superiores a 50 MHz, cuyo haz principal de radiación a -3dB esté dirigido hacia edificaciones con tránsito y/o permanencia poblacional, se deberán efectuar mediciones de la radiación no ionizante en los lugares de incidencia de la emisión.

- La altura para las mediciones será de: 2 mts. sobre la superficie de referencia o se realizará una promediación espacial vertical lineal según lo indicado en el numeral 4.5.2.

- El tiempo de integración será de 6 min. sólo en los métodos desarrollados en los casos 2 y 3.

- En las instalaciones donde la potencia varíe con la hora del día, las mediciones deberán efectuarse en las horas de máxima potencia.

- Se podrán considerar otros puntos de medición que el inspector considere que sean relevantes para llevar a cabo mediciones de radiaciones no ionizantes, indicando en el informe correspondiente las razones justificatorias.

- Los puntos de medición deben quedar perfectamente definidos sobre el terreno, o en un mapa en escala que permita la identificación inequívoca del punto de medición con el requerimiento adicional de la indicación de los mismos mediante coordenadas UTM y WGS 84, determinadas con GPS. Las coordenadas geográficas consignadas no deben ser obtenidas vía conversión (UTM-WGS 84 ó WGS 84-UTM).

5.2.7 Informe técnico de mediciones

En el informe técnico deberá consignarse lo siguiente:

- Ubicación de la estación.
- Tipo de Servicio.
- Características de la torre y antena.
- Fecha de medición.
- Hora de inicio.
- Hora de finalización.
- Plano con la ubicación de los puntos de medición.
- Fotos de la instalación donde se pueda identificar las antenas emisoras y su cantidad.
- Características de los instrumentos, sondas y/o antenas empleados con sus respectivos certificados de calibración.
- Tabla con los valores medidos.

5.3 Procedimientos para emisores móviles y portátiles**5.3.1 Métodos de Medición****5.3.1.1 Emisores portátiles y terminales portátiles**

Los equipos portátiles y terminales portátiles serán evaluados midiendo la tasa de absorción específica (SAR).

5.3.1.2 Emisores móviles

Los niveles de emisión provocados por los equipos móviles serán evaluados por la medición de la intensidad de campo eléctrico.

5.3.2 Criterios de Excepción

Todos los transmisores, sean portátiles, de mano, móviles o del tipo 'presionar para hablar' estarán exceptuados de la medición del SAR y/o evaluación de RF (medición de intensidad de campo radiado) si su potencia de salida y frecuencia de operación se encuentran tipificadas en alguno de los siguientes casos:

Equipos terminales portátiles

- Frecuencias de operación menores de un 1 GHz y con una potencia de salida menor o igual a 200 milivatios (mW).
- Frecuencias de operación comprendida entre 1 y 2.2 GHz y con una potencia de salida menor o igual a 100 milivatios (mW).

Equipos móviles:

- Si la frecuencia de operación es menor de 1.5 GHz con una potencia efectiva radiada (ERP) de 1.5 vatios o menos.
- Si la frecuencia de operación es mayor de 1.5 GHz y la potencia efectiva radiada (ERP) es de 3 vatios o menor.

ANEXO I**GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES****Emisión**

Radiación producida por una estación emisora radioeléctrica.

Emisores Portátiles y Emisores Móviles**- Emisores Portátiles y Terminales Portátiles**

Dispositivos que están diseñados para ser utilizados con alguna parte de la estructura radiante del dispositivo en contacto directo con el cuerpo del usuario o a menos de 20 cm. del cuerpo del usuario bajo condiciones normales de uso. Esta categoría incluiría dispositivos tales como teléfonos celulares que incorporan la antena radiante en el equipo.

- Emisores Móviles

Dispositivos transmisores de sobremesa o instalados en vehículos diseñados para ser usados normalmente con estructuras radiantes mantenidas a 20 cm o más del cuerpo del usuario o personas cercanas.

Cámara Anecoica radioeléctrica

Cámara con forma de paralelepípedo, exenta de reflexión para las señales radioeléctricas dentro de la superficie que la delimita, además de no permitir el ingreso de emisiones radioeléctricas externas.

Fantoma

Dispositivo que simula el tamaño, contorno del torso humano y las características eléctricas del tejido humano a temperatura normal. Está compuesto de un maniquí (estructura sólida) y un tejido equivalente compuesto de una solución material sintética líquida.

Promedio temporal

Tiempo requerido para promediar los valores de intensidad de campo eléctrico y/o campo magnético en un intervalo determinado.

Promedio Espacial

Valor obtenido promediando medidas instantáneas realizadas en distintos puntos situados en una grilla en forma de paralelepípedo con el volumen aproximado de un cuerpo humano.

El promedio espacial puede ser efectuado de manera continua o discreta sobre una superficie o sobre una línea contenida en la grilla mencionada.

Para la presente norma emplearemos la promediación lineal vertical discreta.

ANEXO II

MODELO DE REPORTE DE MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES

Para cada estación se adjuntarán los datos especificados pudiéndose agregar y/o modificar las características relevantes para las mediciones.

DATOS DE LA EMPRESA			
Nombre o Razón Social :			
Domicilio Legal :			
Representante :		DNI:	
Teléfono :	E-mail:	Código Postal :	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN RADIOELÉCTRICA					
1. DATOS					
Nombre:					
Av. / Jr. / Calle / Pasaje :					
Urb. / AAHH / Otros :					
Distrito :					
Provincia :					
Departamento :					
Coordenadas Geográficas	WGS 84	Longitud Oeste			Latitud Sur
	UTM	Zona	Banda	Ref. Este (m)	Ref. Norte (m)
Altitud (m) :					
Tipo de Servicio :					
2. EQUIPAMIENTO					
Equipo o Aparato de Transmisión :					
Marca :					
Modelo :					
Potencia de Salida (Watts/dBm) :					
Frecuencia(s) de Transmisión :					
Tipo de emisión :					
Tipo de Modulación :					

3. SISTEMA RADIANTE					
Tipo de Antena :					
Marca :					
Modelo :					
Ganancia (numérica) :					
Polarización :					
Patrón de Radiación Horizontal (se adjunta diagrama):					
Patrón de Radiación Vertical (se adjunta diagrama):					
Acimut de máxima radiación (grados) :					
Apertura horizontal del haz (grados) :					
Apertura vertical del haz (grados) :					
Inclinación del haz (grados) :					
Relleno de Nulos :					
Configuración del arreglo :					
Dimensiones de la antena o del arreglo (m) :					
Altura de la Torre (m) :					
Altura de la edificación / Altura sobre el suelo (m) :					
Altura del centro de radiación sobre la altura promedio del terreno (m) :					
Altura del centro de radiación sobre el nivel del mar (m) :					
Coordenadas Geográficas de la Torre	WGS 84	Longitud Oeste			Latitud Sur
	UTM	Zona	Banda	Ref. Este (m)	Ref. Norte (m)
Altitud (m) :					

4. CABLE ALIMENTADOR
Tipo :
Marca :
Modelo :
Atenuación (dB/m) :
Longitud (m) :

REFRENDADO POR:	
ING.:	
Reg. CIP:	Registrado en la Dirección General de Gestión con N°
Dirección:	
Teléfono / fax:	E-mail
<div style="text-align: right;">..... Firma del Ing. responsable</div>	

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Los resultados de la medición deberán ser expresados en las siguientes tablas dependiendo del método de medición utilizado:

Tabla 1. Medición Caso 1 Medición Rápida

Equipo de medida Utilizado			Datos de las Mediciones	
Marca :			Código de Estación :	
Modelo :			Fecha de realización :	
N° de Serie :			Tiempo de Inicio / Fin :	
Fecha de última Calibración de Operatividad :			Técnico Responsable :	
Código de Certificación otorgado por el MTC :			Nro. Total de mediciones:	
Localización del punto de evaluación respecto del soporte de antenas			Se detecta nivel superior al umbral (Si / No)	¿El punto corresponde a un área de uso público? (Si / No)
Punto de medida	Distancia	Acimut		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Tabla 2. Medición en Caso 2 y Caso 3

Equipo de Medida Utilizado			Datos de las Mediciones		
Marca:			Código de estación :		
Modelo:					
Nº Serie:					
Fecha de Última Calibración de Operatividad:			Fecha de realización :		
Código de Certificación otorgado por el MTC:					
Antena utilizada			Tiempo de Inicio/Fin:		
Marca:					
Modelo:			Técnico Responsable:		
Longitud del Cable (m):					
Localización del punto de medida respecto al soporte de antenas			Nivel de Emisión (S o E) *	Limite Máximo Permisible (S o E) *	% Del LMP
Acimut	Distancia (m)	Puntos de Medidos			
Angulo de Acimut°	2	1			
	10	2			
	20	3			
	50	4			
	100	5			
Angulo de Acimut°	2	6			
	10	7			
	20	8			
	50	9			
	100	10			
Angulo de Acimut°	2	11			
	10	12			
	20	13			
	50	14			
	100	15			
Angulo de Acimut°	2	16			
	10	17			
	20	18			
	50	19			
	100	20			
Máximo Nivel de Exposición					
Angulo de acimut :°					
Distancia : m					

Para la tabla 2 se tendrá en cuenta:

* Se especificará si el cálculo obtenido es de la densidad de potencia o de la intensidad de campo eléctrico mediante la indicación de la unidad

Nota 1: Las medidas efectuarán sobre cuatro direcciones ortogonales a partir de la base de la antena. Una de las direcciones de evaluación deberá coincidir con el máximo lóbulo de radiación de la antena.

Nota 2: Las medidas se efectuarán a 2 metros de altura sobre el área por evaluar.

Apéndice F: Hoja de especificaciones técnicas SRM-3006

www.narda-sts.com

Selective Radiation Meter

SRM-3006



Selective measurement of high frequency electro-magnetic fields



Complete, easy to use test system, consisting of a base unit and measuring antennas, for non-directional detection of fields and their sources in the frequency range from 9 kHz to 6 GHz

- ▲ **Measurements conforming to ICNIRP and national standards with results displayed directly in terms of the permitted limit value**
- ▲ **Fast, reliable results using predefined measurement routines, setups, and automatic settings**
- ▲ **Extrapolation to maximum exposure levels and evaluating pilot signal information with LTE - FDD/TDD and UMTS operating modes**
- ▲ **Scope mode for short term analysis of pulsed signals and long term recording of variable exposure levels**
- ▲ **Editable tables for automatic correlation of results with telecommunications services (e.g. broadcasting, GSM, WiMAX)**
- ▲ **Individual preparation of field campaigns with subsequent evaluation and handling of large quantities of measurement data**
- ▲ **Suitable for outdoor use: Radiation protected, robust, splash-proof, ergonomically designed; uses exchangeable rechargeable batteries; equipped with integrated GPS and voice recorder**



THE SRM AND ITS APPLICATIONS

The Selective Radiation Meter SRM is a compact, frequency-selective measuring system for safety analysis and environmental measurements of high-frequency electromagnetic fields. It covers broadcasting, mobile telephony, and industrial frequencies from the lowest long-wave range up to the latest wireless applications and evaluates the field exposure level in accordance with international or national standards.

Where the field environment is unknown – in offices, factory buildings, public places, or private homes – the SRM provides authorities and measurement service providers with a rapid overview of the field sources that are relevant to human safety.

Where the field situation is known, such as at so-called “shared sites”, where several service providers share a common antenna site, the SRM shows the overall field exposure level as well as the proportions due to each service as an absolute value or as a percentage of the permitted limit value.

Users can resolve services down to individual channel accuracy and measure their contribution to the field emission with the SRM. It is also possible to integrate over the entire frequency range of the service and display the absolute result or the value relative to the permitted limit.



OPERATION AND USE

All functions and parameters can be set directly on the SRM basic unit via menus and the numerical keypad, softkeys, or the rotary control. As well as this, the SRM also provides facilities for saving and recalling measurement settings (setups) and entire measurement sequences (routines). The PC software included with the device, “SRM-3006 Tools”, includes editable tables for antennas and cables from other manufacturers, user-defined evaluation curves, and lists of services and operators.

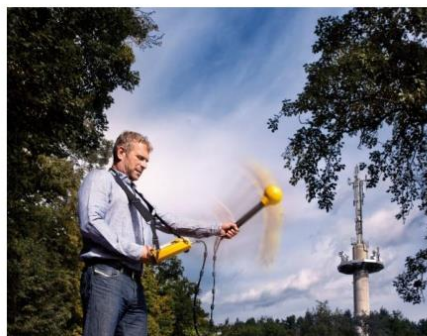


OPERATING MODES

The SRM is designed for everyday use and has operating modes tailored to the main areas of application: Safety Evaluation, Spectrum Analysis, Level Recorder, Scope, UMTS and LTE. Details about these operating modes and other functions are given in the Specifications.

ANTENNAS

Narda offers a broad range of three-axis and single-axis measuring antennas for electric fields (E-fields) and magnetic fields (H-fields). The three-axis antennas are advantageous in practice because they give isotropic (i.e. non-directional) results automatically.



DEFINITIONS AND CONDITIONS

Conditions

Unless otherwise noted, specifications apply after 30 minutes warm-up time within the specified environmental conditions. The product is within the recommended calibration cycle.

Specifications with limits

These describe product performance for the given parameter covered by warranty. Specifications with limits (marked as $<$, \leq , $>$, \geq , \pm , max., min.) apply under the given conditions for the product and are tested during production taking measurement uncertainty into account.

Specifications without limits

These describe product performance for the given parameter covered by warranty. Specifications without limits represent values with negligible deviations which are ensured by design (e.g. dimensions or resolution of a setting parameter).

Typical values (typ.)

These characterize product performance for the given parameter that is not covered by warranty. When stated as a range or as a limit (marked as $<$, \leq , $>$, \geq , \pm , max., min.), they represent the performance met by approximately 80 % of the instruments. Otherwise, they represent the mean value. The measurement uncertainty is not taken into account.

Nominal values (nom.)

These characterize expected product performance for the given parameter that is not covered by warranty. Nominal values are verified during product development but are not tested during production.

Uncertainties

These characterize an interval for a given measurand estimated to have a level of confidence of approximately 95 percent. Uncertainty is stated as the standard uncertainty multiplied by the coverage factor $k=2$ based on the normal distribution. The evaluation has been carried out in accordance with the rules of the "Guide of the Expression of Uncertainty in Measurement" (GUM).

SPECIFICATIONS ● BASIC UNIT

Basic Unit SRM-3006

MODES

Operating modes	Measurements vs. frequency	<ul style="list-style-type: none"> ● Spectrum Analysis ● Safety Evaluation
	Measurements vs. time (Zero Span)	<ul style="list-style-type: none"> ● Level Recorder ● Scope (Option)
	Measurements on mobile networks	<ul style="list-style-type: none"> ● UMTS P-CPICH Demodulation (Option) ● LTE (for FDD networks) (Option) ● LTE (for TDD networks) (Option)

RF DATA ^{a)}

Frequency	Frequency range	9 kHz to 6 GHz	
	Resolution bandwidth (RBW)	See specifications for each mode	
	Phase noise (SSB)	< -100 dBc/Hz (@ 300 kHz carrier offset)	verified at (57.5 / 2140.5 / 4500.5) MHz
	Reference frequency	Initial deviation < 1 ppm Aging < 1 ppm/year, < 5 ppm over 15 years Thermal drift < 1.5 ppm (-10 °C to +50 °C)	
Amplitude	Display range	From Displayed Average Noise Level (DANL) to +20 dBm	
	Measurement range (MR)	-30 dBm to +20 dBm in steps of 1 dB	
	RF Input attenuation	0 to 50 dB in steps of 1 dB (coupled with measurement range MR)	
	Measurement range setting	Set individually from a list or using the "MR Search" function for determining the optimum measurement range at a given time	
	Level uncertainty	≤ 1.2 dB (15 °C to 30 °C) valid for Spectrum Analysis and Safety Evaluation modes	
	Displayed Average Noise Level (DANL)	f ≤ 30 MHz: < -160 dBm/Hz (noise figure < 14 dB) f ≤ 2 GHz: < -156 dBm/Hz (noise figure < 18 dB) f ≤ 4 GHz: < -155 dBm/Hz (noise figure < 19 dB) f ≤ 6 GHz: < -150 dBm/Hz (noise figure < 24 dB)	MR = -30 dBm (RF input attenuation = 0 dB)
	3 rd order intermodulation	< -60 dBc for two single tones with a level of 6 dB below MR, spaced by 1 MHz or more	
	Spurious responses (input related)	< -60 dBc or MR-60 dB (whichever is worse) and a carrier offset of 1 MHz or more	
	Spurious responses (residual)	< -90 dBm (MR = -30 dBm, RF input attenuation = 0 dB) For (294 to 306) MHz and (4534 to 4586) MHz limited to < -85 dBm	
	Type	N-Connector, 50 Ω, female	
RF input	Maximum RF power level	+27 dBm (destruction limit)	
	Maximum DC voltage	±50 V	
	Return loss	> 12 dB (typ.), f ≤ 4.5 GHz > 10 dB (typ.), f > 4.5 GHz	MR ≥ -28 dBm (RF input attenuation ≥ 2 dB)

a) RF data apply in the temperature range of 20°C to 26°C and a relative humidity between 25 % and 75 %.

MODE SPECTRUM ANALYSIS	
Measurement principle	Spectrum analysis
Resolution bandwidth RBW, (-3 dB nominal)	10 Hz to 20 MHz (in steps of 1, 2, 3, 5, 10, 20, ...)
Video bandwidth VBW	Off, 0.2 Hz to 2 MHz (in steps of 1, 2, 3, 5, 10, 20, ... coupled with selected RBW)
Filter	Gaussian
Type	3.8 typical
Shape factor (-60 dB/ -3 dB)	Individually selectable traces for:
Result types	Act: Displays instantaneous (actual) spectrum Max: Maximum hold function Avg: Average over a selectable number of spectra (4 to 256) or a selectable time period of 1 to 30 minutes Max Avg: Maximum hold function after averaging Min: Minimum hold function Min Avg: Minimum hold function after averaging Standard: Display of the selected safety standard SAVG: Spatial Averaging; Types: „continuous“ or „discrete“
Marker functions	Highest peak, next peak right, next peak left, next higher peak, next lower peak Information provided by Marker: frequency, level, service name according to the selected service table. Delta marker to measure difference in level and frequency of the same trace or to display the difference between two different traces e.g. average and maximum at the same frequency.
Evaluation functions	Peak table (list of up to 50 highest peaks) Integration over a user-specified frequency range (channel power)
Axis	X, Y, Z axis selection for single-axis measurements using a Narda Three-Axis Antenna or selection of isotropic measurements
Display functions	Y-scale range: 20, 40, 60, 80, 100 or 120 dB Y-scale reference: MR-100 dB to MR+20 dB (-130 dBm to +40 dBm) Screen arrangement: help line, status lines on/off
Zoom	Zoom Min: Sets the lower frequency limit of the zoom window Zoom Max: Sets the upper frequency limit of the zoom window Zoom Cent: Moves the zoom window along the frequency axis Zoom Span: Changes the scale of the zoom window Execute Zoom: Sets the zoom window limits to the selected frequency values
Extras (transfer of parameters)	"Go to: mode" changes the operating mode with automatic parameter transfer for Fcent and Fspan. "Select Service" allows easy frequency settings by means of predefined service tables

MODE SAFETY EVALUATION	
Measurement principle	Spectrum analysis, followed by integration over user-defined frequency bands ("services")
Number of services	1 to 500, predefined by service tables on the instrument or created by PC software SRM-3006 Tools
Name of services	User definable, maximum 15 characters set by PC software SRM-3006 Tools
Channel bandwidth of a service (CBW)	Individually selectable for each channel, from 40 Hz to 6 GHz
	Available bandwidths as for Spectrum Analysis mode. The following condition applies: $RBW \leq CBW_{(\text{narrowservice})} / 4$
Resolution bandwidth RBW, (-3 dB nominal)	Automatic: RBW setting depending on of the narrowest service Manual: can be set in the range of available RBWs Individual: separately defined for each individual service by PC software SRM-3006 Tools ("Others" needs to be switched off)
Detection	Root mean square value (RMS), integration time = 1 / RBW
Filter	See Spectrum Analysis mode
Result types	See Spectrum Analysis mode
Marker functions for bar graph view	Highest peak, next peak right, next peak left, next higher peak, next lower peak Information provided by Marker: frequency, level, service name according to the selected service table. Delta marker to measure difference in level and frequency of the same trace or to display the difference between two different traces (Result Types) at the same frequency.
Evaluation function	Distribution (percentage contribution of each service)
Axis	X, Y, Z axis selection for single-axis measurements using a Narda Three-Axis Antenna or selection of isotropic measurements
Display functions	Table view showing service names, the corresponding frequency bands, field strength per result type and RBW (when set to individual) Screen arrangement: help line, status lines on/off Sort function according to various criteria Bar graph of services showing contribution of the selected Result Types
Noise threshold	Displays results only if they are above the typical noise floor when activated. The threshold is selectable (0, 3, 6, 10, 15, or 20 dB relative to the typical DANL). Measurement values below the threshold are shown as the absolute threshold value marked with "<" (less than threshold)
Others On/Off	Others On: field strength in the frequency gaps between the specified services is measured Others Off: field strength in the frequency gaps between the specified services is ignored
Extras (transfer of parameters)	"Go to: mode" changes the operating mode with automatic parameter transfer for Fcent and Fspan. „Select Service Table“ allows switching between predefined service tables

MODE UMTS P-CPICH DEMODULATION (OPTION)		
Measurement principle		Demodulation of the P-CPICH (Primary Common Pilot Channel) as the basis for automatic assignment of measured field strength values to the individual UMTS radio cells
UMTS channel selection		By entering the center frequency (Fcent)
Frequency setting resolution		100 kHz (for Fcent frequency entry)
Resolution bandwidth RBW, (-3 dB nominal)		3.84 MHz (fixed)
Detection		Root mean square value (RMS), integration time = 10 ms
Filter	Type	Root-raised cosine (RRC)
	Roll-off factor	$\alpha = 0.22$
Demodulation algorithms		P-CPICH decoding dynamic typically -20 dB according EN50492 / IEC 62232
Result types		Individually selectable for:
	Act:	Displays instantaneous (actual) channel power
	Max:	Maximum hold function
	Avg:	Average over a selectable number of measurements (4 to 256) or a selectable time period of 1 to 30 minutes
	Max Avg:	Maximum hold function after averaging
	Min:	Minimum hold function
	Min Avg:	Minimum hold function after averaging
Evaluation functions		Standard: Display of the selected safety standard
		Extrapolation factor adjustable from 1 to 100 in steps of 0.001
Axis		Ratio Pilot/Analog in dB
Results display	Displayed items	X, Y, Z axis selection for single-axis measurements using a Narda Three-Axis Antenna or selection of isotropic measurements
		Up to 16 scrambling codes simultaneously
		Selection of individual scrambling codes
	Table layout	Channel power for the selected Result Types
		Number of measurement runs since last reset
		Table format: Index, Scrambling Code, selected result types
Noise threshold		Total: Total power of all listed scrambling codes
		Analog: Analog measurement result for the selected UMTS frequency channel (no extrapolation)
Extras (transfer of parameters)		In case of "Analog" results: values are displayed only if they are above the typical noise floor when activated. The threshold is selectable (0, 3, 6, 10, 15, or 20 dB relative to the typical DANL). Measurement values below the threshold are shown as the absolute threshold value marked with "<" (less than threshold)
		"Go to: mode" changes the operating mode with automatic parameter transfer for Fcent and RBW.
		"Select Service" allows easy frequency settings by means of predefined service tables

MODE LTE (for FDD networks) (OPTION)		
Measurement principle	Power level measurement of the cell specific and traffic independent signals PSS (Primary Sync Signal), SSS (Secondary Sync Signal) and RS (Reference Signal) of LTE cells.	
LTE channel selection	By entering the center frequency (Fcent)	
Frequency setting resolution	100 kHz (for Fcent frequency entry)	
Channel bandwidth CBW, (-6 dB nom.)	Can be set to the following values:	
	No. of subcarriers	72 180 300 600 900 1200
	TBW (MHz)	1.08 2.7 4.5 9.0 13.5 18
	CBW (MHz)	1.4 3 5 10 15 20
Transmit Bandwidth (TBW) is the occupied bandwidth of all subcarriers		
Detection	Root mean square value (RMS), integration time = 10 ms (5 ms at CBW 15 MHz, 20 MHz)	
Filter	Type	Steep cut-off channel filter (app. Raised-Cosine)
	Roll-off factor	$\alpha = 1 - (TBW/CBW)$
Cell specific signals (Signal) (Display of the average power level per Resource Element out of all elements of the considered signal)	Individually selectable for: PSS (Primary Sync Signal) SSS (Secondary Sync Signal) RS Avg (Reference Signal Average) RS Sum (Reference Signal Sum) RS Max (Reference Signal Maximum) RS 0 (Reference Signal antenna 0) RS 1 (Reference Signal antenna 1) RS 2 (Reference Signal antenna 2) RS 3 (Reference Signal antenna 3)	
Result types (applicable to all cell specific signals)	Individually selectable for: Act: Displays the instantaneous (actual) value Max: Maximum hold function Avg: Average over a selectable number of measurements (4 to 256) or a selectable time period of 1 to 30 minutes Max Avg: Maximum hold function after averaging Min: Minimum hold function Min Avg: Minimum hold function after averaging Standard: Display of the selected safety standard	
Axis	X, Y, Z axis selection for single-axis measurements using a Narda Three-Axis Antenna or selection of isotropic measurements	
Extrapolation function	Extrapolation factor adjustable from 1 to 10000 in steps of 0.001	
Results display	Displayed items	Selection of individual Cell ID's
		Number of measurement runs since last reset
	Table layout	Up to 16 Cell ID's simultaneously
		Table format: Index, Cell ID, No. Ant. (number of antennas), selected signals shown for each selected result type (up to 54 columns + Standard)
Total: Total power of all listed Cell ID's		
Analog: Analog measurement result for the selected LTE frequency channel (no extrapolation)		
Setting parameters	Synchronization (Cell Sync): Sync/ No Sync Cyclic Prefix Length (CP Length): Normal/Extended	
Noise threshold	In case of "Analog" results: values are displayed only if they are above the typical noise floor when activated. The threshold is selectable (0, 3, 6, 10, 15, or 20 dB relative to the typical DANL). Measurement values below the threshold are shown as the absolute threshold value marked with "<" (less than threshold)	
Extras (transfer of parameters)	"Go to: mode" changes the operating mode with automatic parameter transfer for Fcent and CBW. "Select Service" allows easy frequency settings by means of predefined service tables	

MODE LTE (for TDD networks) (OPTION)								
Measurement principle		Power level measurement of the cell specific and traffic independent signals PSS (Primary Sync Signal), SSS (Secondary Sync Signal) and RS (Reference Signal) of LTE cells.						
LTE channel selection		By entering the center frequency (Fcent)						
Frequency setting resolution		100 kHz (for Fcent frequency entry)						
Uplink-downlink configuration (3GPP TS 36.211)		Seven uplink-downlink (0-6) configurations according to the standard 3GPP TS 36.211 are supported. To obtain a reliable result the instrument should be adapted to the uplink-downlink configuration of the base station.						
		Can be set to the following values:						
Channel bandwidth CBW, (-6 dB nom.)		No. of subcarriers	72	180	300	600	900	1200
		TBW (MHz)	1.08	2.7	4.5	9.0	13.5	18
		CBW (MHz)	1.4	3	5	10	15	20
		Transmit Bandwidth (TBW) is the occupied bandwidth of all subcarriers						
Detection		Root mean square value (RMS), integration time = 10 ms (5 ms at CBW 15 MHz, 20 MHz)						
Filter	Type	Steep cut-off channel filter (app. Raised-Cosine)						
	Roll-off factor	$\alpha = 1 - (TBW/CBW)$						
Cell specific signals (Signal)		Individually selectable for: PSS (Primary Sync Signal) SSS (Secondary Sync Signal) RS Avg (Reference Signal Average) RS Sum (Reference Signal Sum) RS Max (Reference Signal Maximum) RS 0 (Reference Signal antenna 0) RS 1 (Reference Signal antenna 1) RS 2 (Reference Signal antenna 2) RS 3 (Reference Signal antenna 3)						
(Display of the average power level per Resource Element out of all elements of the considered signal)								
Result types (applicable to all cell specific signals)		Individually selectable for: Act: Displays the instantaneous (actual) value Max: Maximum hold function Avg: Average over a selectable number of measurements (4 to 256) or a selectable time period of 1 to 30 minutes Max Avg: Maximum hold function after averaging Min: Minimum hold function Min Avg: Minimum hold function after averaging Standard: Display of the selected safety standard						
Axis		X, Y, Z axis selection for single-axis measurements using a Narda Three-Axis Antenna or selection of isotropic measurements						
Extrapolation function		Extrapolation factor adjustable from 1 to 10000 in steps of 0.001						
Results display		Displayed items	Selection of individual Cell ID's					
			Number of measurement runs since last reset					
Results display		Table layout	Up to 16 Cell ID's simultaneously					
			Table format: Index, Cell ID, No. Ant. (number of antennas), selected signals shown for each selected result type (up to 54 columns + Standard)					
			Total: Total power of all listed Cell ID's					
			Analog: Analog measurement result for the selected LTE frequency channel (no extrapolation)					
Setting parameters			Synchronization (Cell Sync): Sync/ No Sync Cyclic Prefix Length (CP Length): Normal/Extended					
Noise threshold			In case of "Analog" results: values are displayed only if they are above the typical noise floor when activated. The threshold is selectable (0, 3, 6, 10, 15, or 20 dB relative to the typical DANL). Measurement values below the threshold are shown as the absolute threshold value marked with "<" (less than threshold)					
Extras (transfer of parameters)			"Go to: mode" changes the operating mode with automatic parameter transfer for Fcent and CBW. "Select Service" allows easy frequency settings by means of predefined service tables					

LEVEL RECORDER MODE		
Measurement principle		Selective level measurement at a fixed frequency setting (Zero Span)
Detection		Peak (holding time 480 ms) Root mean square value (RMS), RMS average time adjustable from 480 ms up to 30 min
Filter	Type	Steep cut-off channel filter (app. raised cosine)
	Roll-off factor	$\alpha = 0.16$
Resolution bandwidth RBW (-6 dB nominal)		100 Hz to 32 MHz (in steps of 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 640, 800, 1000, ..., 10 MHz, 13.333 MHz, 16 MHz, 20 MHz, 26.666 MHz, 32 MHz)
Video bandwidth (VBW)		Off, 0.01 Hz to 32 MHz (depending on the selected RBW)
Result Type		Peak ACT: Displays the actual peak value Peak MAX: Max hold function for peak values RMS ACT: Averaging over a defined time period (0.48 seconds to 30 min) RMS MAX: Max hold function for RMS values SAVG: Spatial Averaging; Types: „continuous“ or „discrete“
Axis		X, Y, Z axis selection for single-axis measurements using a Narda Three-Axis Antenna or selection of isotropic measurements
Noise threshold		Displays results only if they are above the typical noise floor when activated. The threshold is selectable (0, 3, 6, 10, 15, or 20 dB relative to the typical DANL). Measurement values below the threshold are shown as the absolute threshold value marked with "<" (less than threshold). Only applies to the numerical result display (Value)
Extras (transfer of parameters)		"Go to: mode" changes the operating mode with automatic parameter transfer for Fcent and RBW. "Select Service" allows easy frequency settings by means of predefined service tables
SCOPE MODE (OPTION)		
Measurement principle		Selective level measurement at a fixed frequency setting (Zero Span)
Filter	Type	Steep cut-off channel filter (app. raised cosine)
	Roll-off factor	$\alpha = 0.16$
Sweep Time		500 ns to 24 h (Time Span)
Time Resolution		31.25 ns up to 90 min
Resolution bandwidth RBW (-6 dB nominal)		100 Hz to 32 MHz (see Level Recorder Mode)
Video bandwidth (VBW)		Off, 0.01 Hz to 32 MHz (depending on the selected RBW)
Result Type	Magnitude Actual (high resolution)	ACT: Displays the instantaneous (actual) value. (time resolution = 1/RBW) Standard: Displays the limit of the selected safety standard Magnitude Condensed allows to display the results over a long time period
	Magnitude Condensed (long observation)	MAX: Maximum value within the time resolution interval (corresponds to peak detector). AVG: Average value within the time resolution interval (corresponds to RMS detector). MIN: Minimum value within the time resolution interval. Standard: Displays the limit of the selected safety standard.
Marker function		Delta marker, Marker, highest peak, next peak right, next peak left, next highest peak, next lowest peak
Evaluation functions		Duty cycle (ratio of average power to maximum power)
Triggering		Programmable Trigger Delay, Trigger Edge and Trigger Level
Trigger Mode	Free Run	Time signal runs continuously.
	Single	Single triggering as soon as the selected conditions apply for Trigger Level, Trigger Delay, and Trigger Edge
	Multiple	Same as for Single but with multiple subsequent triggering
	Manual Start	Time signals displayed instant by a button.
	Time Controlled	Time signals runs instant by date and time.
Axis		X, Y, Z axis selection for single-axis measurements using a Narda Three-Axis Antenna or selection of isotropic measurements
Extras (transfer of parameters)		"Go to: mode" changes the operating mode with automatic parameter transfer for Fcent and RBW. "Select Service" allows easy frequency settings by means of predefined service tables

MEASUREMENT FUNCTIONS	
Detection of Narda measurement antennas	Automatic consideration of antenna parameters after antenna is plugged in: antenna type, serial number, calibration date and antenna factors (see below). Automatic frequency range adjustment according to the connected antenna
Antenna factors	Used to display measurement results in field strength units Stored in all Narda antennas during calibration Antenna factor lists for antennas from other manufacturers can be created and transferred to the instrument using the PC software SRM-3006 Tools/TS
Detection of Narda Cables	Automatic consideration of cable parameters after cable is plugged in: Cable type, serial number, calibration date and loss factors (see below) Automatic frequency range adjustment according to the connected cable
Cable loss factors	Used for frequency response compensation of the power level display Stored in all Narda cables during calibration Cable loss lists for cables from other manufacturers can be created and transferred to the instrument using the PC software SRM-3006 Tools/TS
Units	With antenna: % (of the standard), V/m, A/m, W/m ² , mW/cm ² , dBV/m, dBmV/m, dBA/m, dBμV/m, dBm, dBV, dBmV, dBμV Without antenna: dBm, dBV, dBmV, dBμV
Isotropic Measurements	Automatic switching of the antenna axes when using one of Narda's three-axis measurement antennas followed by computation of the isotropic result. Support for sequential measurements using single-axis antennas with subsequent computation of the isotropic result. Both results are directly displayed as a spectrum curve or as numerical values
Weighted Display	In % of standard for human safety standards like ICNIRP, IEEE, FCC etc. New lists of exposure limits can be created and transferred to the instrument using the PC software SRM-3006 Tools/TS
Correlation of results with telecom services	Service Tables specify the used frequency band, the name and the required resolution bandwidth (RBW) of up to 500 individual services in a single list. Thus measurement results can be easily assigned to a service even without the knowledge of the frequency (marker functions, peak table evaluation function, Safety Evaluation mode). Service Tables can be created either directly on the instrument or conveniently created and transferred to the instrument using the PC software SRM-3006 Tools/TS
Setups	Complete device configurations provide fast switching between different measurement tasks. Saved setups can be downloaded to a PC for archiving and uploaded back to the instrument using the PC software SRM-3006 Tools/TS
Measurement Routines	Automated sequences of setups (created using the PC software SRM-3006 Tools/TS)
Results Memory	Memory modes
	Conditional Storing
	Time Controlled Storing
	Memory capacity
Hold	Button that "Freezes" the display; the measurement continues in the background.
Operating language	Selectable: English (Default), French, Spanish, Turkish, Simplified Chinese

GENERAL SPECIFICATIONS

Operating temperature range		-10 °C to +50 °C during normal operation with batteries 0 °C to +40 °C with external power supply
Compliance	Climatic	Storage 1K3 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
		Transport 2K4 (IEC 60721-3) restricted -30 °C to +70 °C due to display
		Operating 7K2 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
	Mechanical	Storage 1M3 (IEC 60721-3)
		Transport 2M3 (IEC 60721-3)
		Operating 7M3 (IEC 60721-3)
	Ingress protection IP 52 (with antenna attached and interface protector closed)	
	European Union Complies with EMC Directive 2014/30/EU and EN 61326-1: 2013	
	EMC	Immunity EN: 61000-4-2, 61000-4-3, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11
		Emissions EN: 61000-3-2, 61000-3-3, EN 55011 (CISPR 11) Class B
	Safety	Complies with European Low Voltage Directive 2014/35/EU and EN 61010-1: 2010
RF Immunity		200 V/m
Air humidity (operating range)		< 29 g/m³ (< 93 % RH at +30 °C), non-condensing
Weight		2.8 kg / 6.2 lbs (basic unit including battery)
Dimensions (H x W x D)		213 mm x 297 mm x 77 mm (8.4" x 11.7" x 3.0")
Display	Type	Color display TFT-LCD with backlight, for indoor and outdoor use
	Size, resolution	7 inch (152 mm x 91 mm), 800 x 480 pixels
Interface	USB mini B (USB 2.0)	
	Optical RS 232 (Baud rate 115 200)	
	Earphone 3.5 mm TRS	
Power supply	Battery	Lithium-Ion rechargeable battery pack operating time: 2.5 hours (nominal) charging time: 4.5 hours (nominal)
	External power supply	Input: 9 to 15 V _{DC} Adapter 100-240 V _{AC} / 12 V _{DC} , 2.5 A (plug DIN 45323)
Recommended calibration interval		24 months
Country of origin		Germany

SPECIFICATIONS ● ISOTROPIC ANTENNAS

Three-axis antenna (E-Field) 3501/03				
Frequency range	27 MHz to 3 GHz The correction factors determined individually during calibration are stored in an EEPROM and are applied automatically when used in conjunction with the SRM basic unit.			
Antenna type	E-field			
Sensor type	Three-axis design with scanned axes			
Dynamic range ^{a)}	0.2 mV/m to 200 V/m (typ.)			
Maximum field strength (destruction limit)	435 V/m or 50 mW/cm² (nom.)			
Displayed Average Noise Level (DANL) in conjunction with the SRM basic unit	Frequency range	Single-axis measurement with isotropic antenna	Isotropic measurement	
	900 MHz (RBW = 1 kHz)	25 µV/m (typ.)	40 µV/m (typ.)	
	2.1 GHz (RBW = 1 kHz)	40 µV/m (typ.)	70 µV/m (typ.)	
Measurement range limit (for single CW signal)	300 V/m (typ.) 1000 V/m (typ.) for f ≤ 110 MHz			
RF connector	N-Connector, 50 Ω, male			
MEASUREMENT UNCERTAINTY				
Expanded measurement uncertainty ^{b)} (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m RF cable)	Frequency range	Single-axis measurement with isotropic antenna	Isotropic measurement	
	27 – 85 MHz	+2.4 / -3.3 dB	+3.2 / -4.7 dB	
	> 85–900 MHz	+2.4 / -3.4 dB	+2.5 / -3.6 dB	
	> 900-1400 MHz	+2.3 / -3.1 dB	+2.5 / -3.4 dB	
	> 1400-1600 MHz	+2.3 / -3.1 dB	+2.6 / -3.8 dB	
	> 1600-1800 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.2 / -3.0 dB	
	> 1800-2200 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.4 / -3.3 dB	
	> 2200-2700 MHz	+1.9 / -2.4 dB	+2.7 / -3.8 dB	
	> 2700-3000 MHz	+1.9 / -2.4 dB	+3.3 / -5.3 dB	
GENERAL SPECIFICATIONS				
Operating temperature range		-10 °C to +50 °C (same as SRM basic unit)		
Compliance	Climatic	Storage	1K3 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C	
		Transport	2K4 (IEC 60721-3) -40 °C to +70 °C	
		Operating	7K2 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C	
	Mechanical	Storage	1M3 (IEC 60721-3)	
		Transport	2M3 (IEC 60721-3)	
		Operating	7M3 (IEC 60721-3)	
	Ingress protection		IP 52 (antenna connected)	
	EMC	European Union	Complies with EMC Directive 2014/30/EU and EN 61326 -1: 2013	
		Immunity	EN: 61000-4-2, 61000-4-3, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11	
Emissions		EN: 61000-3-2, 61000-3-3, EN 55011 (CISPR 11) Class B		
Safety	Complies with European Low Voltage Directive 2014/35/EU and EN 61010-1: 2010			
Air humidity (operating range)		< 29 g/m³ (< 93 % RH at +30 °C), non-condensing		
Weight		450 g		
Dimensions		450 mm length; 120 mm antenna head diameter		
Calibration		20 reference points: (26; 45; 75; 100; 200; 300; 433; 600; 750; 900) MHz (1; 1.2; 1.4; 1.6; 1.8; 2; 2.2; 2.45; 2.7; 3) GHz The SRM basic unit applies linear interpolation between reference points		
Recommended calibration interval		24 months		
Country of origin		Germany		

a) For a signal to noise ratio of 10 dB (RBW = 1 kHz); 800 MHz to 1.8 GHz

b) Valid for the temperature range +15 °C to +30 °C, according to the definition on page 3

Three-axis antenna (E-Field) 3502/01			
Frequency range	420 MHz to 6 GHz The correction factors determined individually during calibration are stored in an EEPROM and are applied automatically when used in conjunction with the SRM basic unit.		
Antenna type	E-field		
Sensor type	Three-axis design with scanned axes		
Dynamic range ^{a)}	0.14 mV/m to 160 V/m (typ.)		
Maximum field strength (destruction limit)	435 V/m or 50 mW/cm² (nom.)		
Displayed Average Noise Level (DANL) in conjunction with the SRM basic unit	Frequency range	Single-axis measurement with isotropic antenna	Isotropic measurement
	900 MHz (RBW = 1 kHz)	33 µV/m (typ.)	60 µV/m (typ.)
	2.1 GHz (RBW = 1 kHz)	25 µV/m (typ.)	43 µV/m (typ.)
Measurement range limit (for single CW signal)	200 V/m (typ.)		
RF connector	N-Connector, 50 Ω, male		
MEASUREMENT UNCERTAINTY			
Expanded measurement uncertainty ^{b)} (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m RF cable)	Frequency range	Single-axis measurement with isotropic antenna	Isotropic measurement
	420-750 MHz	+2.1 / -2.9 dB	+2.6 / -3.8 dB
	> 750-1800 MHz	+2.1 / -2.8 dB	+2.3 / -3.1 dB
	> 1800-4000 MHz	+1.7 / -2.2 dB	+2.0 / -2.6 dB
	> 4000-4500 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.2 / -3.0 dB
	> 4500-5000 MHz	+1.9 / -2.5 dB	+2.5 / -3.5 dB
	> 5000-6000 MHz	+1.9 / -2.5 dB	+3.1 / -4.9 dB
GENERAL SPECIFICATIONS			
Operating temperature range	-10 °C to +50 °C (same as SRM basic unit)		
Compliance	Climatic	Storage	1K3 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
		Transport	2K4 (IEC 60721-3) -40 °C to +70 °C
		Operating	7K2 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
	Mechanical	Storage	1M3 (IEC 60721-3)
		Transport	2M3 (IEC 60721-3)
		Operating	7M3 (IEC 60721-3)
	Ingress protection	IP 52 (antenna connected)	
EMC	European Union	Complies with EMC Directive 2014/30/EU and EN 61326 -1: 2013	
	Immunity	EN: 61000-4-2, 61000-4-3, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11	
	Emissions	EN: 61000-3-2, 61000-3-3, EN 55011 (CISPR 11) Class B	
Safety	Complies with European Low Voltage Directive 2014/35/EU and EN 61010-1: 2010		
Air humidity (operating range)	< 29 g/m³ (< 93 % RH at +30 °C), non-condensing		
Weight	400 g		
Dimensions	450 mm length; 120 mm antenna head diameter		
Calibration	21 reference points: 420 MHz, 600 MHz, 750 MHz; 900 MHz (1; 1.2; 1.4; 1.6; 1.8; 2; 2.2; 2.45; 2.7; 3; 3.5; 4; 4.5; 5; 5.5; 5.8; 6) GHz The SRM basic unit applies linear interpolation between reference points.		
Recommended calibration interval	24 months		
Country of origin	Germany		

a) For a signal to noise ratio of 10 dB (RBW = 1 kHz); 1.8 to 2.2 GHz

b) Valid for the temperature range +15 °C to +30 °C, according to the definition on page 3

Three-axis antenna (H-Field) 3581/02			
Frequency range	9 kHz to 250 MHz The correction factors determined individually during calibration are stored in an EEPROM and are applied automatically when used in conjunction with the SRM basic unit.		
Antenna type	H-Field		
Sensor type	Triaxial active magnetic loop design with scanned axes		
Dynamic range ^{a)}	2.5 µA/m to 560 mA/m (typ.)		
Maximum field strength (destruction limit)	250 A/m / f [MHz] (nom.)		
Displayed Average Noise Level (DANL) in conjunction with the SRM basic unit	Frequency range	Single-axis measurement with isotropic antenna	Isotropic measurement
	> 1 MHz (RBW = 1 kHz)	0.5 µA/m (typ.)	0.85 µA/m (typ.)
RF connector ^c	N-Connector, 50 Ω, male		
Measurement uncertainty			
Expanded measurement uncertainty ^{b)} (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m RF cable)	Frequency range	Single-axis measurement with isotropic antenna	Isotropic measurement
	0.009 - 60 MHz	±2.2 dB	±2.5 dB
	> 60 - 250 MHz	±2.3 dB	±3.3 dB
GENERAL SPECIFICATIONS			
Operating temperature range		-10 °C to +50 °C (same as SRM basic unit)	
Compliance	Climatic	Storage	1K3 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
		Transport	2K4 (IEC 60721-3) -40 °C to +70 °C
		Operating	7K2 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
	Mechanical	Storage	1M3 (IEC 60721-3)
		Transport	2M3 (IEC 60721-3)
		Operating	7M3 (IEC 60721-3)
Ingress protection		IP 52 (antenna connected)	
EMC	European Union	Complies with EMC Directive 2014/30/EU and EN 61326 -1: 2013	
	Immunity	EN: 61000-4-2, 61000-4-3, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11	
	Emissions	EN: 61000-3-2, EN 55011 (CISPR 11) Class B	
Safety		Complies with European Low Voltage Directive 2014/35/EU and EN 61010-1: 2010	
Air humidity (operating range)		< 29 g/m³ (< 93 % RH at +30 °C), non-condensing	
Weight		470 g	
Dimensions		450 mm length; 120 mm antenna head diameter	
Calibration		178 reference points The SRM basic unit applies linear interpolation between reference points.	
Recommended calibration interval		24 months	
Country of origin		Germany	

a) For a signal to noise ratio of 10 dB (RBW = 1 kHz); 3 MHz to 250 MHz

b) Valid for the temperature range +15 °C to +30 °C, according to the definition on page 3

SPECIFICATIONS ● SINGLE-AXIS ANTENNAS

Single-axis antenna (E-field) 3531 / 01

Frequency range	27 MHz to 3 GHz The correction factors determined individually during calibration are stored in an EEPROM and are applied automatically when used in conjunction with the SRM basic unit.			
Antenna type	E-Field			
Sensor type	Single-axis passive wide band dipole			
Dynamic range ^{a)}	60 µV/m to 80 V/m (typ.)			
Maximum field strength (destruction limit)	> 300 V/m or 25 mW/cm ² (nom.)			
Displayed Average Noise Level (DANL) in conjunction with the SRM basic unit	20 µV/m (typ.) from 100 MHz to 2.2 GHz with RBW = 1 kHz			
Measurement range limit (for single CW signal)	160 V/m (typ.)			
RF connector	N-Connector, 50 Ω, male			
UNCERTAINTY				
Expanded measurement uncertainty ^{b)} (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m RF cable)	Frequency range	Single-axis measurement		
	26 - 300 MHz	±2.1 dB		
	> 300 - 433 MHz	±2.4 dB		
	> 433 - 1600 MHz	±2.2 dB		
	> 1600 - 3000 MHz	±1.9 dB		
GENERAL SPECIFICATIONS				
Operating temperature range	-10 °C to 50 °C (same as SRM basic unit)			
Compliance	Climatic	Storage	1K3 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C	
		Transport	2K4 (IEC 60721-3) -40 °C to +70 °C	
		Operating	7K2 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C	
	Mechanical	Storage	1M3 (IEC 60721-3)	
		Transport	2M3 (IEC 60721-3)	
		Operating	7M3 (IEC 60721-3)	
	Ingress protection	IP 52 (antenna connected)		
	EMC	European Union	Complies with EMC Directive 2014/30/EU and EN 61326-1: 2013	
		Immunity	EN: 61000-4-2, 61000-4-3, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11	
		Emissions	EN: 61000-3-2, 61000-3-3, EN 55011 (CISPR 11) Class B	
	Safety	Complies with European Low Voltage Directive 2014/35/EU and EN 61010-1: 2010		
Air humidity (operating range)	< 29 g/m ³ (< 93 % RH at +30 °C), non-condensing			
Weight	450 g			
Dimensions	460 mm length; 135 mm x 90 mm antenna head dimensions			
Calibration	24 reference points (26, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 200, 300, 433, 600, 750, 900) MHz (1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.45, 2.6, 2.8, 3) GHz The SRM applies linear interpolation between reference points.			
	Recommended calibration interval	24 months		
	Country of origin	Germany		

a) For a signal to noise ratio of 10 dB (RBW = 1 kHz); 100 MHz to 2.2 GHz

b) Valid for the temperature range +15 °C to +30 °C, according to the definition on page 3

Single-axis antenna (E-field) 3531/04		
Frequency range	9 kHz to 300 MHz The correction factors determined individually during calibration are stored in an EEPROM and are applied automatically when used in conjunction with the SRM basic unit.	
Antenna type	E-field	
Sensor type	Single-axis active broadband dipole	
Dynamic range ^{a)}	50 µV/m to 16 V/m (typ.) for 300 kHz to 10 MHz 50 µV/m to 36 V/m (typ.) for > 10 MHz to 300 MHz	
Maximum field strength (destruction limit)	> 1000 V/m (nom.)	
Displayed Average Noise Level (DANL) in conjunction with the SRM basic unit	20 µV/m (typ.) for each frequency > 1 MHz with RBW = 1 kHz	
Measurement range limit (for single CW signal)	50 V/m (typ.)	
RF connector	N-Connector, 50 Ω, male	
UNCERTAINTY		
Expanded measurement uncertainty ^{b)} (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m cable)	Frequency range	Single-axis measurement
	0.009 - 300 MHz	±2.0 dB
GENERAL SPECIFICATIONS		
Operating temperature range		-10 °C to 50 °C (same as SRM basic unit)
Compliance	Climatic	Storage 1K3 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
		Transport 2K4 (IEC 60721-3) -40 °C to +70 °C
		Operating 7K2 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
	Mechanical	Storage 1M3 (IEC 60721-3)
		Transport 2M3 (IEC 60721-3)
		Operating 7M3 (IEC 60721-3)
	Ingress protection IP 52 (antenna connected)	
	EMC	European Union Complies with EMC Directive 2014/30/EU and EN 61326 -1: 2013
		Immunity EN: 61000-4-2, 61000-4-3, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11
		Emissions EN: 61000-3-2, 61000-3-3, EN 55011 (CISPR 11) Class B
Safety Complies with European Low Voltage Directive 2014/35/EU and EN 61010-1: 2010		
Air humidity (operating range) < 29 g/m³ (< 93 % RH at +30 °C), non-condensing		
Weight 550 g		
Dimensions 460 mm length; 135 mm x 90 mm antenna head dimension		
Calibration 183 reference points The SRM applies linear interpolation between reference points.		
Recommended calibration interval 24 months		
Country of origin Germany		

a) For a signal to noise ratio of 10 dB (RBW = 1 kHz)

b) Valid for the temperature range +15 °C to +30 °C, according to the definition on page 3

Single-axis antenna (H-field) 3551/02

Single-axis antenna (H-field) 955762		9 kHz to 300 MHz	
Frequency range		The correction factors determined individually during calibration are stored in an EEPROM and are applied automatically when used in conjunction with the SRM basic unit.	
Antenna type		H-field	
Sensor type		Single-axis active magnetic loop	
Dynamic range ^{a)}		0.4 µA/m to 71 mA/m (typ.)	
Maximum field strength (destruction limit)		> 2.65 A/m above 1 MHz (nom.)	
Displayed Average Noise Level (DANL) in conjunction with the SRM basic unit		0.12 µA/m (typ.) for each frequency > 10 MHz with RBW = 1 kHz	
Measurement range limit (for single CW signal)		100 mA/m (typ.)	
RF connector		N-Connector, 50 Ω, male	
UNCERTAINTY			
Expanded measurement uncertainty ^{b)} (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m cable)		Frequency range	
		0.009 - 1 MHz	
		> 1 - 300 MHz	
		Single-axis measurement	
		±2.0 dB	
		±1.8 dB	
GENERAL SPECIFICATION			
Operating temperature range		-10 °C to 50 °C (same as SRM basic unit)	
Compliance	Climatic	Storage	1K3 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
		Transport	2K4 (IEC 60721-3) -40 °C to +70 °C
		Operating	7K2 (IEC 60721-3) extended to -10 °C to +50 °C
	Mechanical	Storage	1M3 (IEC 60721-3)
		Transport	2M3 (IEC 60721-3)
		Operating	7M3 (IEC 60721-3)
	Ingress protection		IP 52 (antenna connected)
	EMC	European Union	Complies with EMC Directive 2014/30/EU and EN 61326-1: 2013
		Immunity	EN: 61000-4-2, 61000-4-3, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11
		Emissions	EN: 61000-3-2, 61000-3-3, EN 55011 (CISPR 11) Class B
	Safety		Complies with European Low Voltage Directive 2014/35/EU and EN 61010-1: 2010
	Air humidity (operating range)		< 29 g/m³ (< 93 % RH at +30 °C), non-condensing
Weight		450 g	
Dimensions		460 mm length; 43 mm x 100 mm antenna head dimension	
Calibration		183 reference points The SRM interpolates between reference points	
Recommended calibration interval		24 months	
Country of origin		Germany	

a) For a signal to noise ratio of 10 dB (RBW = 1 kHz); for frequencies > 10 MHz

b) Valid for the temperature range +15 °C to +30 °C, according to the definition on page 3

ORDERING INFORMATION • INSTRUMENT SETS

SRM – Set Overview	Part Number
SRM-3006, Selective Radiation Meter, Set 1/2, Basic Unit, no Antenna Set includes: <ul style="list-style-type: none"> - Selective Radiation Meter, Basic Unit, SRM-3006 - RF-Cable SRM, 9kHz-6GHz, N 50 Ohm, 1.5m (3602/01) - Carrying Strap for SRM (Basic Unit) (3001/90.02) - Holding Strap for SRM-3006 Basic Unit (3001/90.12) - Operating Manual SRM-3006, English - Power Supply 12VDC, 100V-240VAC, all Plugs (2259/92.04) - Software, SRM-3006 Tools (3006/93.01) - Cable, USB 2.0, Master/Slave - A/B mini (2260/90.55) 	Set with Hardcase 3006/101 Set with Softcase 3006/102
SRM-3006, Selective Radiation Meter, Set 3/4, Basic Unit plus one Isotropic Antenna (420MHz-6GHz) Set includes: <ul style="list-style-type: none"> - Selective Radiation Meter, Basic Unit, SRM-3006 - Antenna, Three-Axis, E-Field, 420 MHz-6GHz (3502/01) - RF-Cable SRM, 9kHz-6GHz, N 50 Ohm, 1.5m (3602/01) - Carrying Strap for SRM (Basic Unit) (3001/90.02) - Holding Strap for SRM-3006 Basic Unit (3001/90.12) - Operating Manual SRM-3006, English - Power Supply 12VDC, 100V-240VAC, all Plugs (2259/92.04) - Software, SRM-3006 Tools (3006/93.01) - Cable, USB 2.0, Master/Slave - A/B mini (2260/90.55) 	Set with Hardcase 3006/103 Set with Softcase 3006/104
SRM-3006, Selective Radiation Meter, Set 5/6, Basic Unit plus two Isotropic Antennas Set includes: <ul style="list-style-type: none"> - Selective Radiation Meter, Basic Unit, SRM-3006 - Antenna, Three-Axis, E-Field, 420 MHz-6GHz (3502/01) - Antenna, Three-Axis, E-Field, 27 MHz-3GHz (3501/03) - RF-Cable SRM, 9kHz-6GHz, N 50 Ohm, 1.5m (3602/01) - Carrying Strap for SRM (Basic Unit) (3001/90.02) - Holding Strap for SRM-3006 Basic Unit (3001/90.12) - Operating Manual SRM-3006, English - Power Supply 12VDC, 100V-240VAC, all Plugs (2259/92.04) - Software, SRM-3006 Tools (3006/93.01) - Cable, USB 2.0, Master/Slave - A/B mini (2260/90.55) 	Set with Hardcase 3006/105 Set with Softcase 3006/106
SRM-3006, Selective Radiation Meter, Set 7/8, Basic Unit plus one Isotropic Antenna (27MHz-3GHz) Set includes: <ul style="list-style-type: none"> - Selective Radiation Meter, Basic Unit, SRM-3006 - Antenna, Three-Axis, E-Field, 27MHz-3GHz (3501/03) - RF-Cable SRM, 9kHz-6GHz, N 50 Ohm, 1.5m (3602/01) - Carrying Strap for SRM (Basic Unit) (3001/90.02) - Holding Strap for SRM-3006 Basic Unit (3001/90.12) - Operating Manual SRM-3006, English - Power Supply 12VDC, 100V-240VAC, all Plugs (2259/92.04) - Software, SRM-3006 Tools (3006/93.01) - Cable, USB 2.0, Master/Slave - A/B mini (2260/90.55) 	Set with Hardcase 3006/107 Set with Softcase 3006/108

ORDERING INFORMATION

Your local Narda representative will inform you of all possible options as well as the current ordering information and will be pleased to provide you with advice.

ANTENNAS	
Antenna, Three-Axis, E-Field, 27 MHz - 3 GHz	3501/03
Antenna, Three-Axis, E-Field, 420 MHz - 6 GHz	3502/01
Antenna, Three-Axis, H-Field, 9 kHz - 250 MHz	3581/02
Antenna, Single-Axis, E-Field, 27 MHz - 3 GHz	3531/01
Antenna, Single-Axis, E-Field, 9 kHz - 300 MHz	3531/04
Antenna, Single-Axis, H-Field, 9 kHz - 300 MHz	3551/02
OPTIONS	
Option, UMTS P-CPICH Demodulation	3701/04
Option, Scope	3701/05
Option, LTE (for FDD networks)	3701/06
Option, LTE (for TDD networks)	3701/07
SOFTWARE	
Software, SRM-3006 Tools, Configuration SW (included in all sets)	-
Software, SRM-3006 TS, PC Evaluation and Remote	3006/93.10
ACCESSORIES	
Antenna Holder for Uniaxial/Triaxial Antenna	3501/90.01
Antenna Holder for Triaxial Antenna	3501/90.02
RF-Cable, 9 kHz – 6 GHz, N 50 ohm, 5m	3602/02
Tripod, Non-Conductive, 1.65 m with carrying bag	2244/90.31
Tripod Extension, 0.50m, Non-Conductive	2244/90.45
Battery Pack, Rechargeable, 7V2 / 6200 mAh (one is included in each SRM Basic Unit)	3001/90.15
Charger Set for Battery Pack, External	3001/90.07
Power Supply DC Vehicle Adapter	2260/90.56
Hardcase for SRM	3001/90.03
Carrying Strap for Hardcase (included in all sets with hardcase)	3001/90.04
Softcase for SRM	3001/90.05
Protective Soft Carrying Bag for SRM-3006 Basic Unit	3001/90.13
N-Connector Saver for SRM	3001/90.14
O/E Converter USB, RP-02/USB	2260/90.07
Cable, FO Duplex, F-SMA to RP-02, 0.3m	2260/91.01
Cable, FO Duplex, RP-02, 2m	2260/91.02
Cable, FO Duplex, RP-02, 5m	2260/91.09
Cable, FO Duplex, RP-02, 10m	2260/91.07
Cable, FO Duplex, RP-02, 20m	2260/91.03
Cable, FO Duplex, RP-02, 50m	2260/91.04
Earphone, 3.5mm Plug	2400/90.03
Operating Manual SRM-3006, German (select for free instead of English)	3006/98.01

Narda Safety Test Solutions GmbH
 Sandwiesenstraße 7
 72793 Pfullingen, Germany
 Tel. +49 7121 97 32 0
 Fax +49 7121 97 32 790
 support.narda-de@L3T.com
 www.narda-sts.com

Narda Safety Test Solutions
 435 Moreland Road
 Hauppauge, NY 11788, USA
 Phone +1 631 231-1700
 Fax +1 631 231-1711
 NardaSTS@L3T.com
 www.narda-sts.us

Narda Safety Test Solutions Srl
 Via Leonardo da Vinci, 21/23
 20090 Segrate (Milano), Italy
 Phone +39 02 26 998 71
 Fax +39 02 26 998 700
 nardait.support@L3T.com
 www.narda-sts.it

® Names and Logo are registered trademarks of Narda Safety Test Solutions GmbH and L3 Communications Holdings, Inc. – Trade names are trademarks of the owners.

Apéndice G: Tabla de Servicios del Ministerio de Transporte y Comunicaciones

Tabla 61

Tabla de servicios con sus respectivas frecuencias

Fmin (Hz)	Fmax (Hz)	Nombre del Servicio
26965000	27405000	27M TP CityBand
28000000	29700000	B10 AMATEUR
50000000	54000000	B6 AMATEUR
54000000	88000000	BAND I TV VHF
88000000	108000000	BAND II FM
108000000	117975000	108M TP-RA
117975000	137000000	118M TP-MA(R)
138000000	144000000	138M TP F/M
144000000	148000000	B2 AMATEUR
148000000	149900000	148M TP F/M
150050000	152350000	150M TP F/M
154350000	156000000	154M TP F/M
157450000	160600000	157M TP F/M
160975000	161475000	161M TP F/M
162050000	174000000	162M TP F/M
174000000	216000000	BAND III TV VHF
220000000	222000000	B1.25 AMATEUR
305000000	310000000	305M Link OM-OC
310000000	322000000	310M Link FM
322000000	328600000	322M TP F/M
335400000	380000000	335M TP F/M
380000000	385000000	380M Ida TP-M
385000000	385250000	385M-A I SP 2o
385250000	385500000	385M-B I SP 2o
385500000	385750000	385M-C I SP 2o
385750000	386000000	385M-D I SP 2o
390000000	395000000	380M Ret TP-M
395000000	395250000	385M-A R SP 2o
395250000	395500000	385M-B R SP 2o
395500000	395750000	385M-C R SP 2o
395750000	396000000	385M-D R SP 2o
406100000	411675000	406M TP F/M-ma
411675000	416675000	412M Ida SP AFI
416675000	420000000	417M I SP Tronc
420000000	421675000	420M TP F/M-ma
421675000	426675000	412M Ret SP AFI
426675000	430000000	417M R SP Tronc
430000000	440000000	B0.7** AMATEUR
440000000	450000000	440M TP F/M-ma

450000000	452350000	450M TP F/M
452500000	453350000	453M-G1 I SP
453350000	454600000	453M-F1 I SP TM
454600000	455850000	453M-F2 I SP TM
455850000	457100000	453M-F3 I SP TM
457100000	457500000	453M-G2 I SP
457500000	459237500	458M TP F/M
460000000	462500000	460M TP F/M
462500000	463350000	453M-G1 R SP
463350000	464600000	453M-F1 R SP TM
464600000	465850000	453M-F2 R SP TM
465850000	467100000	453M-F3 R SP TM
467100000	467500000	453M-G2 R SP
467500000	469525000	468M TP F/M
470000000	584000000	BAND IV TV UHF
584000000	692000000	BAND V TV UHF
692000000	698000000	CH51 RESERVA
698000000	703000000	700-G1
703000000	718000000	700-A CEL EN
718000000	733000000	700-B CEL CLAR
733000000	748000000	700-C CEL TM
758000000	773000000	700-A BTS EN
773000000	788000000	700-B BTS CLAR
788000000	803000000	700-C BTS TM
803000000	806000000	700-G2
806000000	824000000	800 CEL EN
824000000	835000000	800A-1 CEL TM
835000000	845000000	800B-1 CEL CLAR
845000000	846500000	800A-2 CEL TM
846500000	849000000	800B-2 CEL CLAR
851000000	869000000	800 BTS EN
869000000	880000000	800A-1 BTS TM
880000000	890000000	800B-1 BTS CLAR
890000000	891500000	800A-2 BTS TM
891500000	894000000	800B-2 BTS CLAR
894000000	899000000	900 CEL TM
899000000	915000000	900 CEL BITEL
915000000	916000000	915M RM777
916000000	928000000	916M RM777
939000000	944000000	900 BTS TM
944000000	960000000	900 BTS BITEL
1240000000	1300000000	B0.23** AMATEUR
1710000000	1730000000	AWS-A CEL TM
1730000000	1750000000	AWS-B CEL EN
1750000000	1770000000	AWS-C CEL

1850000000	1865000000	PCS-A CEL CLAR
1865000000	1870000000	PCS-D CEL EN
1870000000	1882500000	PCS-B CEL TM
1882500000	1895000000	PCS-E CEL EN
1895000000	1897500000	PCS-F CEL CLAR
1897500000	1910000000	PCS-C CEL BITEL
1910000000	1915000000	1G91-G1 SP AFI
1915000000	1920000000	1G91-A SP AFI
1920000000	1925000000	1G91-B SP AFI
1925000000	1930000000	1G91-G2 SP AFI
1930000000	1945000000	PCS-A BTS CLAR
1945000000	1950000000	PCS-D BTS EN
1950000000	1962500000	PCS-B BTS TM
1962500000	1975000000	PCS-E BTS EN
1975000000	1977500000	PCS-F BTS CLAR
1977500000	1990000000	PCS-C BTS BITEL
2110000000	2130000000	AWS-A BTS TM
2130000000	2150000000	AWS-B BTS EN
2150000000	2170000000	AWS-C BTS
2300000000	2330000000	2G3-A SP
2330000000	2360000000	2G3-B SP DW
2360000000	2390000000	2G3-C SP AMP
2390000000	2400000000	2G3-G SP
2400000000	2483500000	2G4 777 11b-g
2500000000	2506000000	2G5-CH01 SP TC
2506000000	2512000000	2G5-CH02 SP TC
2512000000	2518000000	2G5-CH03 SP TC
2518000000	2524000000	2G5-CH04 SP TC
2524000000	2530000000	2G5-CH05 SP TC
2530000000	2536000000	2G5-CH06 SP TC
2536000000	2542000000	2G5-CH07 SP EN
2542000000	2548000000	2G5-CH08 SP EN
2548000000	2554000000	2G5-CH09 SP EN
2554000000	2560000000	2G5-CH10 SP EN
2560000000	2566000000	2G5-CH11 SP EN
2566000000	2572000000	2G5-CH12 SP EN
2572000000	2578000000	2G5-CH13 SP EN
2578000000	2584000000	2G5-CH14 SP EN
2584000000	2590000000	2G5-CH15 SP EN
2590000000	2596000000	2G5-CH16 SP TC
2596000000	2602000000	2G5-CH17 SP TC
2602000000	2608000000	2G5-CH18 SP TC
2608000000	2614000000	2G5-CH19 SP TC
2614000000	2620000000	2G5-CH20 SP CV
2620000000	2626000000	2G5-CH21 SP CV

2626000000	2632000000	2G5-CH22 SP CV
2632000000	2638000000	2G5-CH23 SP CV
2638000000	2644000000	2G5-CH24 SP CV
2644000000	2650000000	2G5-CH25 SP CV
2650000000	2656000000	2G5-CH26 SP TVS
2656000000	2662000000	2G5-CH27 SP TVS
2662000000	2668000000	2G5-CH28 SP TVS
2668000000	2692000000	2G5-CH29 SP OLO

Nota. Elaboración propia.

Apéndice H: Características técnicas de los access point en las diez facultades

En la Tabla 67 se muestra las características técnicas de cada marca de access point medidos en las diez facultades. Se encontró que dichas facultades cuentan con un mayor número de access point de la marca Cisco Aironet 1700i.

Tabla 62

Características técnicas de los access point en las diez facultades

Marca	Modelo	Dimensi ones (WxLx H) (cm)	Banda de frecuencia de operación (GHz)	Max. Potencia de Transmisión (dBm)	Están dar	Gana ncia de la anten a (dBi)	Tipo de antena
Cisco	Cisco Aironet 1700i	22.1 x 22.1 x 5.1	2.4GHz	22 dBm	a, b, g, n, ac	4dBi	Omnidireccion al interno
Ubiquiti	Unifi AP- Outdoo r	17 x 8 x 3	2.4GHz	27 dBm	b, g, n	6dBi	Omnidireccion al externo
Ubiquiti	UAP- AC-LR	17.5X17. 5X4.3	2.4GHz	24 dBm	a, b, g, n, ac	3dBi	Omnidireccion al interno
Cisco	Cisco AIR- AP113 1AG	19.1x19. 1x3.3	2.4GHz	20 dBm	b. g	3dBi	Omnidireccion al interno
D-Link	DWL- 3200AP	16.5x18. 7x3.7	2.4GHz	21 dBm	b, g	5dBi	Omnidireccion al externo
Ubiquiti	Ubiquit i NanoSt ationM 2	294 x 3 x 8	2.4GHz	28 dBm	b, g	11dBi	Omnidireccion al interno
D-Link	DWL- 3500AP	27.7x15. 5x4.5	2.4GHz	18 dBm	b, g	5 dBi	Omnidireccion al externo
D-Link	DAP- 2360	16.6x18. 8x3.7	2.4GHz	26 dBm	n, g	5 dBi	Omnidireccion al externo

Nota. Elaboración propia.

Apéndice I: Certificado de calibración de la Unidad Básica-Equipo SRM-3006

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



Calibration Certificate

Narda Safety Test Solutions hereby certifies that the object referred to in this certificate has been calibrated by qualified personnel using Narda's approved procedures. The calibration was carried out in accordance with a certified quality management system which conforms to ISO 9001

OBJECT	Selective Radiation Meter, Basic Unit, SRM-3006
MANUFACTURER	Narda Safety Test Solutions GmbH
PART NUMBER (P/N)	3006/01
SERIAL NUMBER (S/N)	P-0039
CUSTOMER	
CALIBRATION DATE (YYYY-MM-DD)	2016-10-17
RESULT ASSESSMENT	within specifications
AMBIENT CONDITIONS	Temperature: (23 ± 3)°C Relative humidity: (20 to 60) %
CALIBRATION PROCEDURE	3006-8701-00A

ISSUE DATE: 2016-10-17
(YYYY-MM-DD)



CALIBRATED BY
Ursula Aigner



AUTHORIZED SIGNATORY

MANAGEMENT
SYSTEM



Certified by DQS against
ISO 9001:2008
(Reg.-No. 099379 QM08)

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



OBJECT

The spectrum analyzer is based on digital signal processing. Small frequency spans were measured at fixed local oscillator (1st LO) settings using discrete Fourier transformation (DFT). The LO was also swept for larger frequency spans.

A memory chip contains correction values for various frequencies and object settings. The stored values were taken into account automatically during the measurement.

METHOD OF MEASUREMENT

Calibration using the reference standard. The output power level of the synthesized CW generator was adjusted and calibrated using power sensors as reference standards.

The frequency of the generator was calibrated using a frequency counter.

The reflection of the object was measured directly using a vector network analyzer (VNA) calibrated by means of a calibration kit. The measuring equipment and the associated uncertainty were verified using a reference standard (verification kit).

CALIBRATION PROCEDURE

The object was connected to the signal source instead of the power sensors in order to calibrate it.

Measurement of the RF frequency response was made with different settings of the measurement range. As a result, the measured values also include the effects due to the "input attenuator" and the "reference level accuracy".

The calibration factor was calculated for various frequencies and settings from a comparison between the "actual level" and the "indicated level".

All the selection filters are digital filters. No calibration of the filters is necessary.

METROLOGICAL TRACEABILITY

The calibration results are traceable to the International System of Units (SI) in accordance with ISO/IEC 17025. The measuring equipment used for calibration is traceable through the reference standards listed below.

STANDARD	MANUFACTURER	MODEL	SERIAL NUMBER	ID	CERTIFICATE	NEXT CAL. DATE	TRACE
HF-MILLIVOLTMETER	R&S	URV 55	100143	913	0297 D-K-1595-01-00 2016-05	2018-05	DAkkS
DIODE POWER SENSOR	R&S	NRV-Z4	100509	1750	0392 D-K-15195-01-00 2016-03	2018-03	DAkkS
THERMAL POWER SENSOR	R&S	NRV-Z51	101820	1680	0233 D-K-15195-01-00 2015-08	2017-08	DAkkS
VERIFICATION KIT	Rosenberger	RPC-N	--	8552	365534 D-K-15015-01-00 2015-10	2017-10	DAkkS

Narda Safety Test Solutions GmbH
 Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
 Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



UNCERTAINTY

The reported expanded uncertainty U is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 1.96$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (GUM).

The reported uncertainty is derived from the uncertainty of the calibration procedure and the object during calibration, and makes no allowance for drift or operation under other environmental conditions.

RESULTS

1	FREQUENCY RESPONSE (IF):	passed
2	FREQUENCY RESPONSE (RF):	passed
3	OUT-OF-BAND RESPONSE:	passed
4	FREQUENCY ACCURACY	passed
5	NOISE SIDEBAND (SSB):	passed
6	SPURIOUS (input related)	passed
7	SPURIOUS (residual)	passed
8	NOISE FLOOR:	passed
9	INTERMODULATION REJECTION (2 nd and 3 rd order):	passed
10	INPUT RETURN LOSS:	passed

APPENDIX

FREQUENCY RESPONSE (RF)

The generator was set to the F_{gen} . The object settings were F_{span} , RBW , and F_{cent} .

The measurements were made at different settings of the measurement range MR . The nominal level of the generator was -32 dBm (for $MR < -5$ dBm) and -7 dBm (for $MR \geq -5$ dBm), respectively. The frequency response G was calculated as the difference of the actual generator level L_{actual} and the indicated level $L_{indicated}$ according to the following equation: $G/dB = (L_{indicated} - L_{actual})/dBm$

Frequency in MHz	Fspan in MHz	RBW in kHz	Fcent in MHz	MR												U
				-30	-28	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	
0.00901	0.002	0.01	0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.07	0.2
0.012	0.006	0.5	0.012	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	0.2
0.02	0.02	2	0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.07	0.2
0.04	0.02	2	0.04	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.07	0.2
0.1	0.02	2	0.1	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	0.2
0.5	0.02	2	0.5	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	0.2
2	0.02	2	2	0	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	0.2
10	0.02	2	10	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0	0	-0.01	-0.02	0.2
20	0.02	2	20	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	-0.01	0.2
30	0.02	2	30	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	-0.01	-0.02	-0.04	0.2
35.452	22.5312	30	46.687	0.39	0.39	0.42	0.44	0.4	0.37	0.41	0.44	0.38	0.49	0.41	0.39	0.2
36.1	22.5312	30	46.687	0.43	0.4	0.43	0.44	0.4	0.4	0.42	0.44	0.4	0.45	0.41	0.4	0.2
40	0.02	2	40	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.2
44.1	22.5312	30	46.687	0.33	0.31	0.31	0.29	0.32	0.33	0.3	0.28	0.3	0.27	0.3	0.33	0.2
50	0.02	2	50	0.03	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0	-0.01	-0.03	-0.07	0.2
52.1	22.5312	30	46.687	0.19	0.17	0.15	0.1	0.16	0.21	0.14	0.1	0.14	0.06	0.12	0.17	0.2
57.9948	0.02	2	57.9868	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06	0.01	0	0.01	0.01	0.03	0.05	0.2
58.344	22.5312	30	47.578	0.07	0.03	0	-0.05	-0.01	0.05	-0.01	-0.06	-0.02	-0.11	-0.05	-0.04	0.2
60.1	22.5312	30	60.1	0.31	0.3	0.31	0.31	0.32	0.3	0.29	0.29	0.3	0.3	0.31	0.31	0.2
100.1	22.5312	30	100.1	0.29	0.29	0.29	0.29	0.31	0.29	0.27	0.27	0.28	0.29	0.29	0.3	0.2
200.1	22.5312	30	200.1	0.28	0.28	0.29	0.29	0.3	0.26	0.26	0.26	0.27	0.28	0.28	0.28	0.2
300.1	22.5312	30	300.1	0.25	0.26	0.26	0.27	0.27	0.23	0.24	0.24	0.25	0.26	0.26	0.26	0.2
400.1	22.5312	30	400.1	0.24	0.25	0.25	0.25	0.27	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.25	0.24	0.2

CERTIFICATE 300601-P0039-20161017-41

PAGE 4 OF 6

Frequency in MHz	Fspan in MHz	RBW in kHz	Fcent in MHz	MR												U
				-30	-28	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	
500.1	22.5312	30	500.1	0.26	0.27	0.27	0.28	0.29	0.24	0.25	0.25	0.25	0.27	0.27	0.28	0.2
600.1	22.5312	30	600.1	0.28	0.29	0.29	0.3	0.31	0.29	0.27	0.27	0.29	0.3	0.3	0.32	0.2
700.1	22.5312	30	700.1	0.32	0.32	0.33	0.33	0.33	0.3	0.3	0.3	0.31	0.31	0.31	0.32	0.2
800.1	22.5312	30	800.1	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.29	0.29	0.3	0.3	0.3	0.3	0.29	0.2
900.1	22.5312	30	900.1	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2
1000.1	22.5312	30	1000.1	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.2
1100.1	22.5312	30	1100.1	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.2
1200.1	22.5312	30	1200.1	0.27	0.26	0.27	0.27	0.27	0.24	0.25	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.2
1300.1	22.5312	30	1300.1	0.3	0.29	0.3	0.29	0.3	0.27	0.27	0.27	0.28	0.26	0.26	0.27	0.2
1400.1	22.5312	30	1400.1	0.32	0.31	0.32	0.32	0.33	0.31	0.29	0.29	0.3	0.29	0.29	0.32	0.2
1500.1	22.5312	30	1500.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.31	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26	0.2
1600.1	22.5312	30	1600.1	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.27	0.26	0.26	0.27	0.26	0.25	0.25	0.2
1700.1	22.5312	30	1700.1	0.28	0.27	0.28	0.27	0.28	0.25	0.25	0.25	0.26	0.24	0.24	0.24	0.2
1800.1	22.5312	30	1800.1	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.24	0.2
1900.1	22.5312	30	1900.1	0.27	0.27	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.25	0.26	0.24	0.24	0.24	0.2
2000.1	22.5312	30	2000.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.31	0.29	0.28	0.27	0.28	0.25	0.25	0.25	0.2
2100.1	22.5312	30	2100.1	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.3	0.3	0.28	0.28	0.28	0.2
2200.1	22.5312	30	2200.1	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35	0.34	0.31	0.31	0.32	0.31	0.31	0.34	0.2
2300.1	22.5312	30	2300.1	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.3	0.3	0.3	0.3	0.29	0.29	0.27	0.2
2400.1	22.5312	30	2400.1	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.2
2500.1	22.5312	30	2500.1	0.3	0.31	0.31	0.31	0.32	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.28	0.2
2600.1	22.5312	30	2600.1	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.25	0.25	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.2
2700.1	22.5312	30	2700.1	0.22	0.23	0.23	0.24	0.24	0.2	0.21	0.21	0.22	0.21	0.2	0.2	0.2
2800.1	22.5312	30	2800.1	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.21	0.22	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.2
2900.1	22.5312	30	2900.1	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27	0.22	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.2
2999.9	22.5312	30	2999.9	0.27	0.28	0.28	0.29	0.3	0.26	0.26	0.26	0.27	0.28	0.28	0.31	0.2
3002.1	22.5312	30	3002.1	0.24	0.24	0.24	0.24	0.26	0.25	0.22	0.22	0.24	0.22	0.24	0.28	0.2
3100.1	22.5312	30	3100.1	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.2
3200.1	22.5312	30	3200.1	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.19	0.2	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.2
3300.1	22.5312	30	3300.1	0.2	0.2	0.21	0.21	0.21	0.18	0.19	0.2	0.2	0.2	0.21	0.2	0.2
3400.1	22.5312	30	3400.1	0.19	0.2	0.21	0.21	0.22	0.2	0.18	0.18	0.19	0.21	0.21	0.23	0.2
3500.1	22.5312	30	3500.1	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.15	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.2

CERTIFICATE 300601-P0039-20161017-41

PAGE 5 OF 6

Narda Safety Test Solutions GmbH
 Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
 Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



Frequency in MHz	Fspan in MHz	RBW in kHz	Fcent in MHz	MR												U
				-30	-28	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	
3600.1	22.5312	30	3600.1	0.19	0.19	0.19	0.2	0.2	0.17	0.17	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.2
3700.1	22.5312	30	3700.1	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.18	0.19	0.2	0.2	0.21	0.21	0.2	0.2
3800.1	22.5312	30	3800.1	0.2	0.21	0.21	0.22	0.23	0.18	0.2	0.19	0.21	0.21	0.21	0.23	0.2
3900.1	22.5312	30	3900.1	0.21	0.21	0.22	0.23	0.23	0.19	0.2	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.2
4000.1	22.5312	30	4000.1	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.18	0.2	0.2	0.21	0.2	0.2	0.2	0.2
4100.1	22.5312	30	4100.1	0.2	0.2	0.21	0.21	0.21	0.17	0.19	0.19	0.19	0.2	0.2	0.19	0.2
4200.1	22.5312	30	4200.1	0.19	0.2	0.21	0.21	0.23	0.2	0.18	0.19	0.2	0.2	0.22	0.24	0.2
4300.1	22.5312	30	4300.1	0.2	0.22	0.22	0.22	0.22	0.2	0.2	0.2	0.21	0.21	0.21	0.21	0.2
4400.1	22.5312	30	4400.1	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.19	0.2	0.21	0.21	0.22	0.21	0.21	0.2
4500.1	22.5312	30	4500.1	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.2
4600.1	22.5312	30	4600.1	0.27	0.26	0.27	0.28	0.28	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.2
4700.1	22.5312	30	4700.1	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.2
4800.1	22.5312	30	4800.1	0.28	0.29	0.29	0.3	0.29	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.26	0.2
4900.1	22.5312	30	4900.1	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.24	0.25	0.25	0.24	0.25	0.24	0.2
5000.1	22.5312	30	5000.1	0.27	0.27	0.27	0.28	0.29	0.29	0.26	0.26	0.27	0.27	0.29	0.3	0.2
5100.1	22.5312	30	5100.1	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2
5200.1	22.5312	30	5200.1	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.28	0.27	0.28	0.26	0.27	0.27	0.2
5300.1	22.5312	30	5300.1	0.3	0.3	0.3	0.29	0.29	0.29	0.3	0.29	0.3	0.28	0.29	0.27	0.2
5400.1	22.5312	30	5400.1	0.29	0.29	0.29	0.28	0.29	0.3	0.29	0.3	0.29	0.27	0.28	0.27	0.2
5500.1	22.5312	30	5500.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.29	0.3	0.29	0.29	0.31	0.2
5600.1	22.5312	30	5600.1	0.28	0.28	0.27	0.28	0.28	0.29	0.3	0.3	0.3	0.28	0.29	0.29	0.2
5700.1	22.5312	30	5700.1	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28	0.29	0.2
5800.1	22.5312	30	5800.1	0.26	0.25	0.27	0.27	0.29	0.32	0.29	0.3	0.31	0.31	0.31	0.33	0.2
5900.1	22.5312	30	5900.1	0.3	0.3	0.29	0.3	0.3	0.31	0.34	0.34	0.34	0.32	0.33	0.35	0.2
5986.1	22.5312	30	5986.625	0.28	0.29	0.29	0.3	0.31	0.35	0.34	0.34	0.36	0.36	0.39	0.41	0.2

Frequency Response G and Uncertainty U in dB

© Names and Logo are registered trademarks of Narda Safety Test Solutions GmbH and L-3 Communications Holdings, Inc. - Trade names are trademarks of the owners.

Apéndice J: Certificado de calibración de la Antena 27MHz-3GHz Equipo SRM-3006

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



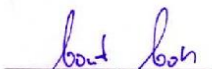
Calibration Certificate

Narda Safety Test Solutions GmbH hereby certifies that the referenced equipment has been calibrated by qualified personnel to Narda's approved procedures. The calibration was carried out within a certified quality management system conforming to ISO 9001.

OBJECT	Three-axis Antenna 27MHz - 3GHz
MANUFACTURER	Narda Safety Test Solutions
PART NUMBER (P/N)	3501/03
SERIAL NUMBER (S/N)	M-0206
CUSTOMER	
CALIBRATION DATE (YYYY-MM-DD)	2016-10-19
AMBIENT CONDITIONS	Temperature: (23 ± 3) °C Relative humidity: (20 to 60) %
CALIBRATION PROCEDURE	3000-8702-00A

ISSUE DATE: 2016-10-21
(YYYY-MM-DD)


CALIBRATED BY
F. Laule


AUTHORIZED SIGNATORY

MANAGEMENT SYSTEM



This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.

Certified by DQS according to
ISO 9001:2008
(Reg.-No. 099379 QM08)

350103-M0206-20161019-04199

PAGE 1 OF 6

METHOD OF MEASUREMENT

FREQUENCY RESPONSE / ISOTROPY

The calibration of the object was performed in the frequency domain using an unmodulated (CW) signal. The measurement involves the generation of a linearly polarized electromagnetic field, approximating to a plane wave, into which the object was placed.

The antenna was aligned for maximum interception of the field, i.e. the handle of the antenna was oriented in the otho-angle position (54.7° to the vertical E-field vector).

For each frequency the object was rotated about the axis of the handle by 60° and then stopped to record the output voltage of each axis. (At every 120° position one dipole was aligned with the incident field vector.) After each stop the resultant voltage was calculated from the three-axis values:

$$U_i = \sqrt{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}$$

After a full revolution of 360° was made the results were calculated from the recorded values as follows ...

- antenna factor AF:

$$AF = 20 \log_{10} \left(\frac{E_{cal}/U_{mean}}{1/m} \right) \text{ dB(1/m)} \quad \dots \text{ with } U_{mean} = \sqrt{\text{Min}(U_i) \cdot \text{Max}(U_i)}$$

- anisotropy A:

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{Max}(U_i)}{\sqrt{\text{Min}(U_i) \cdot \text{Max}(U_i)}} \right) \text{ dB}$$

FIELD GENERATION

SETUP A (up to 18 GHz)

Calibration using a transfer standard. The probe is positioned with the boresight of a linearly polarized standard gain horn antennae. The field strength is set to a known value based on the power meter reading P_{cal} in reference to a calibrated sensor (E_{ref}, P_{ref}).

$$E_{cal} = E_{ref} \sqrt{P_{cal}/P_{ref}}$$

SETUP B (200 MHz to 1800 MHz)

Calibration using a transfer standard. The probe is mounted in front of a double balanced ridge horn antenna. The field strength is set to a known value based on the power meter reading P_{cal} in reference to a calibrated sensor (E_{ref}, P_{ref}).

$$E_{cal} = E_{ref} \sqrt{P_{cal}/P_{ref}}$$

SETUP D (up to 100 MHz)

Calibration using calculated field strength. A Crawford TEM cell is used to generate the known field strength E. The field strength is derived from TEM cell's septum height b, impedance Z₀ and from the output power of the cell. The output power measurement includes the power meter's corrected indication P_{cal} and a fixed attenuation D.

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



$$E_{cat} = \frac{\sqrt{P_{cat} \cdot D \cdot Z_0}}{b}$$

Reference: IEEE Std. 1309

Narda Safety Test Solutions GmbH
 Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
 Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



UNCERTAINTY

The measurement uncertainty stated in this document is the expanded uncertainty with a coverage factor of 1.96 (corresponding, in the case of normal distribution, to a confidence probability of 95%).

This statement of uncertainty applies to the measured values only and does not make any implementation or include any estimation as to the long-term stability of the calibrated device.

METROLOGICAL TRACEABILITY

The calibration results are traceable to SI-units according to ISO/IEC 17025. Physical units, which are not included in the list of accredited measured quantities such as field strength or power density, are traced to the basic units via approved measurement and computational methods.

The equipment used for this calibration is traceable to the standards listed below.

Reference- / Working- Standard	Manufacturer	Model	Serial- Number	Certificate- Number	CalDate	CalDue Date	Trace
SETUP A (up to 18 GHz)							
E-Field Reference Probe	Narda	EF1891	A-0093	2014110028-1	2014-11	2016-11	UKAS 0478
SETUP B							
E-Field Reference Probe	Narda	EF1891	A-0093	2014110028-1	2014-11	2016-11	UKAS 0478
SETUP D							
Calliper	Preisser	0-800mm	310121016	14104161 D-K-15181-01-00	2014-02	#	DAkKS
Attenuator	Weinschel	49-30-33	KC115	319818 D-K-15012-01-00	2014-07	2017-07	DAkKS
Power Sensor	Rohde&Schwarz	NRV-Z51	101777	0218 D-K-15195-01-00	2014-12	2016-12	DAkKS
955_RF-Millivoltmeter	Rohde&Schwarz	URV55	100213	0045 D-K-15195-01-00	2016-10	2018-10	DAkKS

reference standard; not used for routine calibration

Narda Safety Test Solutions GmbH
 Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
 Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



RESULTS

FREQUENCY RESPONSE / ANISOTROPY

These results describe the uncorrected frequency response of the object

Frequency MHz	E.cal V/m	U.mean dB(μV)	AF dB(1/m)	U dB	A dB
26.00	9.95	70.87	69.11	1.20	0.07
45.00	10.00	74.62	65.38	1.30	0.03
75.00	10.05	78.79	61.24	1.30	0.08
100.00	10.04	80.81	59.22	1.30	0.24
200.00	9.94	84.88	55.08	1.50	0.05
300.00	9.96	87.35	52.59	1.30	0.04
433.00	9.97	88.37	51.61	1.30	0.09
600.00	9.98	89.57	50.41	1.30	0.22
750.00	9.98	90.22	49.76	1.30	0.20
900.00	9.98	91.30	48.69	1.30	0.27
1000.00	9.99	91.69	48.30	1.30	0.29
1200.00	9.94	91.74	48.19	1.30	0.35
1400.00	9.94	92.94	47.00	1.30	0.60
1600.00	9.96	92.71	47.27	1.30	0.68
1800.00	10.03	91.61	48.39	1.20	0.51
2000.00	9.99	89.60	50.41	1.20	0.82
2200.00	9.94	86.62	53.31	1.20	1.09
2450.00	9.95	84.28	55.70	1.20	1.16
2700.00	9.96	83.28	56.67	1.20	1.29
3000.00	9.97	82.18	57.80	1.20	1.90

These antenna factors AF are stored in the memory chip and will automatically be operative when the antenna is connected to a compatible basic unit.

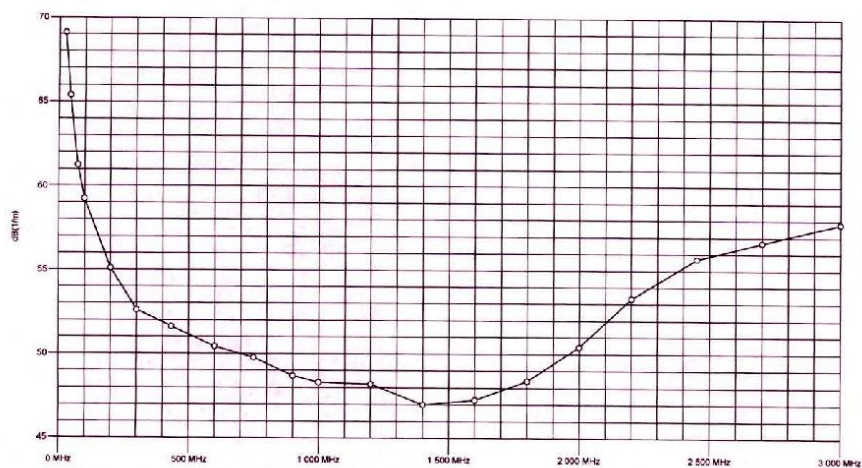
OUTPUT RETURN LOSS:

within specification

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstrasse 7 - 72793 Pfullingen - Germany
Phone: +49 7121 9732 0 - Fax: +49 7121 9732 790



Antenna Factor



P/N 3001/90.15
Battery Pack, Rechargeable
Li-Ion, replaces 3001/90.01



Important Notes:

The Lithium-ion battery pack P/N 3001/90.15 replaces older batteries with the part number P/N 3001/90.01.

The different discharge characteristics of the two types of battery necessitate adjustment in the device firmware to ensure that the maximum battery capacity is utilized. The battery type that you are using can be set with the new firmware in the Device Settings under "Main Menu / Settings / Battery Type".

The maximum battery capacity is only available when the correct battery type is selected. The remaining capacity indicator in the device display is also adjusted to the selected battery type. There is no danger to the user or to the device if the wrong battery type is set, however.

⚡ Please check whether there is a new firmware update for your device (see Operating Manual) and install it if necessary.

⚡ In the device settings, select the part number (P/N) of the battery type that you are using. The part number is printed at the lower end of the battery label.

Wichtige Hinweise:

Der Lithium-Ionen Akkupack P/N 3001/90.15 ersetzt ältere Akkus mit der Artikelnummer P/N 3001/90.01.

Die unterschiedlichen Entladekurven dieser beiden Akkus erfordern eine Anpassung in der Gerätefirmware, um die maximale Akkukapazität nutzen zu können. Bei Verwendung der neuen Firmware lässt sich in den Geräteeinstellungen unter „Main Menu / Settings / Battery Type“ der verwendete Akkutyp auswählen.

Nur wenn der korrekte Akkutyp ausgewählt ist, steht die maximale Kapazität zur Verfügung. Die Anzeige der Restkapazität im Gerätedisplay wird ebenfalls an den ausgewählten Akkutyp angepasst. Für den Anwender oder das Gerät besteht jedoch keine Gefahr, falls ein falscher Akkutyp eingestellt sein sollte.

⚡ Bitte prüfen Sie ob ein neues Firmwareupdate für Ihr Messgerät vorliegt (s. Bedienungsanleitung) und installieren Sie dieses gegebenenfalls.

⚡ Wählen Sie in den Geräteeinstellungen die Artikelnummer (P/N) des verwendeten Akkutyps aus. Diese Nummer ist am unteren Ende des Akkulabels aufgedruckt.

New Battery Type
P/N 3001/90.15

Old Battery Type
P/N 3001/90.01



Apéndice K: Costo de la fabricación del módulo acrílico

Tabla 63

Costo de la fabricación del módulo acrílico

Costo	Descripción	Ud.	Cant.	C/Ud.	Parcial	Total
COSTO DIRECTO	Costo de materiales					
	Costo de Disco de Vinílico Ø90cm $\varepsilon=0.9\text{cm}$	Ud.	2	250.00	500.00	600.00
	Costo de rodaje	Ud.	1	20.00	20.00	
	Ruedas	Ud.	4	20.00	80.00	
	Costo de Mano de Obra					
	Cerrajería de fabricación de disco metálico y soldadura	Ud.	2	30.00	60.00	
	Costo de fabricación de mesa de madera	Ud.	1	100.00	100.00	180.00
	Fabricación de freno de disco	Ud.	1	20.00	20.00	
	Costo de combustible y utilidad					350.00
						1,130.00

Nota: Elaboración propia